

Japanese Patent Laid-open No. HEI 8-315181 A

Publication date : November 29, 1996

Applicant : K.K. Hitachi Seisakusyo

Title : COLLISION DETERMINING METHOD AND APPARATUS THEREFOR

5

(57) [Abstract]

[Object] To provide a collision determination method and an apparatus therefore which determine collision between objects in a resting or moving state in an information processing device such as a CAD device which  
10 executes an information processes including an image display process.

[Configuration] A CPU 1, a shape memory 5, a graphic processing section 8, a lettering device 16, an image memory 17, a display device 18, an input device 19, and a mask memory group 23 are provided. The CPU 1 executes a collision determination method. The shape memory 5 stores shape data of a  
15 colliding object and an object to be collided. The graphic processing section 8 executes a coordinate converting process and a projecting process. The mask memory group 23 stores generated masks. The graphic processing section 8 generates a mask of a colliding object and a mask of an object to be collided representing occupying areas of the colliding object and the object to be  
20 collided using the shape data of the colliding object and the object to be collided stored in the shape memory 5. The masks are compared with each other so that the collision between the colliding object and the object to be collided is determined.

25 [0227] Some examples of a method of displaying a determined result in the

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

collision determination method applied to the present invention are explained below.

[0228] In display of the collision determined result, a colliding state of a colliding object and an object to be collided or a collided state may be clearly displayed, and the result can be displayed by various methods explained below.

[0229] As to the collision determined result, as shown in Fig. 36 for example, a colliding object 361 to be determined and an object to be collided 362 are displayed by a graphic image. When a determination is made that they collide, a prescribed graphic which represent the collision like the graph 363 is

displayed in relation with a position of a collision area. More specifically, a translucent sphere is drawn around a representative point of the collision area set by a predetermined method, or a sphere is drawn by a line.

[0230] Further, instead that the colliding object and the object to be collided are displayed, when any one of the masks 371 is shown like Fig. 37 for

example, and a determination is made that the collision occurs, a graphic 363 of a translucent sphere, a circle or the like is generated around the representative point 373 of the collision area so as to be displayed. As the representative point 373, for example, a collision point, which is firstly found in a scanning direction 372 when the mask of the colliding object and the mask of the object to be collided are compared in each pixel area, can be used.

[0231] The colliding object and the object to be collided are displayed as shown in Fig. 15, for example. One of or both of the objects are displayed translucently so that an area reduced due to the collision becomes clear. In another manner, wire frame display is used. As shown in Fig. 15, when the mask of the colliding object and the mask of the object to be collided are

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

displayed, similarly one of or both of the masks are displayed translucently or displayed by using wire frame. As a result, the collision area can be clear.

[0232] An example that the collision area and a reduced quantity are displayed together is explained by using information about a depth of the reduced area due to the collision with reference to Figs. 38, 39 and 40.

[0233] In this embodiment, the display is carried out along a flow of the process shown in Fig. 39. That is to say, when a determination is made that the collision is present (step 391), a rectangular solid 382a is generated in an area determined as the collision area at step 392 in each pixel area (see Fig. 38(b)). The rectangular solid 382a is such that a size of a pixel area 382 of the mask 381 is used as an upper surface or a bottom surface (see Fig. 38(a)) and  $(D_s(n,m) - D_m(n,m))$  is a length.  $D_s$  designates a distance from the object to be collided to a projection surface 383 in each pixel area, and  $D_m$  designates a distance from the colliding object to the projection surface in each pixel area.  $W1$  and  $W2$  designate a width of the pixel area.

[00234] At step 393, each of the generated rectangular solid is arranged in a position separated from the projection surface 383 of the colliding object only by  $D_m(n,m)$  as shown in Fig. 38(b).

[0235] Finally, at step 394, the colliding object 401 is displayed translucently, and the object to be collided 402 and the rectangular solid arranged in the collision area 403 are displayed in an overlapped manner as shown in Fig. 40. When the rectangular solid is displayed, it may be displayed with a color different from that of the colliding object or the object to be collided, or may be flashed. Further, in order to heighten the speed of the process, an overlapped plane such as a surface where two rectangular solids are close to each other is

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

not drawn.

[0236] According to the method of displaying the collision determined result in this embodiment, the collision area can be displayed clearly for an operator.

[0237] In this embodiment, the colliding object is displayed translucently, but

5 the colliding object or both of the objects may be displayed translucently or using wire frame.

[0238] Another embodiment that the collision area and the reduced quantity are displayed together by using the information about depth of the area

reduced due to the collision is explained below with reference to Figs. 41, 42

10 and 43.

[0239] In this embodiment, the display is carried out according to a flow of the process shown in Fig. 42. That is to say, when a determination is made that the collision is present (step 411), a well-known labeling process and an outline extracting process are executed in an area determined as the collision area at

15 step 412. The collision area 382 on the mask 381 is grouped (see Fig. 42(a)).

[0240] A polyhedron, in which values on the mask of the colliding object and the mask of the object to be collided corresponding to the pixel areas in contours are apexes 421, is generated at step 413, and it is used as an upper surface and a lower surface. The position of the apex 421 is a center point of  
20 each pixel area. Further, a side-surface patch in which the contour is an apex is generated at step 414.

[0241] The polyhedron, in which  $D_s(n,m)$  and  $D_m(n,m)$  are apexes, is generated as shown in a top view of Fig. 42(a) and a side view of Fig. 42(b).

When a plurality of the collision areas are present, the polyhedron is generated  
25 in each area.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



[0242] Similarly to the example of Fig. 40, the colliding object is displayed translucently, the object to be collided and the polyhedron generated on the collision area are displayed in an overlapped manner, so that the reduced area is displayed at step 415.

- 5 [0243] According to the method of displaying the collision determined result in this example, the area where the colliding object and the object to be collided collide can be displayed clearly for the operator by using the polyhedron generated according to a degree of reduction in the collision area.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-315181

(43) 公開日 平成8年(1996)11月29日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 17/00			G 0 6 F 15/62	3 5 0 A
G 0 6 F 17/50			15/60	6 2 8 A 6 8 0 J

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願平7-117227  
(22) 出願日 平成7年(1995)5月16日

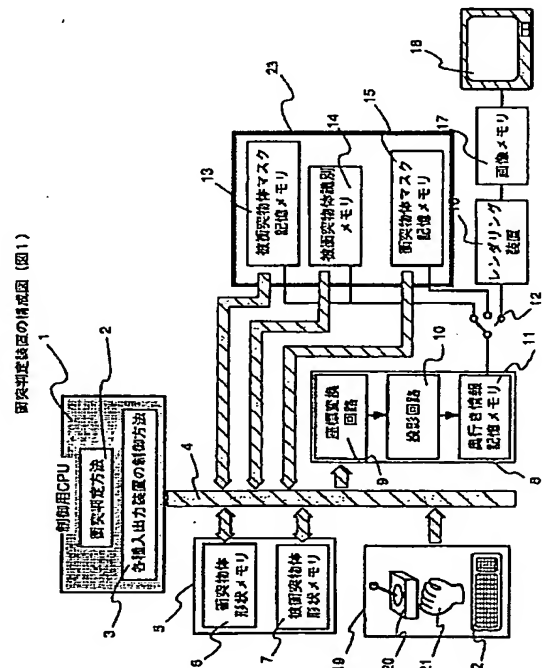
(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 鶴沼 宗利  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内  
(72) 発明者 野中 士郎  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内  
(74) 代理人 弁理士 富田 和子

(54) 【発明の名称】 衝突判定方法及び装置

(57) 【要約】

【目的】 CAD装置等の画像表示処理を含む情報処理を実行する情報処理装置において静止または移動状態で物体と物体との衝突判定装置及び方法を提供する。

【構成】 衝突判定方法を実行するCPU 1と、衝突物体及び被衝突物体の形状データを記憶する形状メモリ5と、座標変換処理及び投影処理を実行する図形演算処理部8と、レンダリング装置16と、画像メモリ17と、表示装置18と、入力装置19と、生成されたマスクを記憶するマスクメモリ群23とを有し、形状メモリ5に記憶されている衝突物体及び被衝突物体の形状データを用いて、図形演算処理部8により、衝突物体及び被衝突物体の占有領域を示す衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを生成し、これらマスクを比較することで、衝突物体と被衝突物体との衝突判定を行なう。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】衝突の有無を判定する対象となる衝突物体と、当該衝突物体以外の物体である被衝突物体とが、2次元あるいは3次元の形状情報で記述されている空間で、衝突物体と被衝突物体との衝突判定を行なう衝突判定方法において、前記衝突物体を切断しない位置に衝突物体用投影面を設定し、

前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記衝突物体の投影領域を示す投影領域情報、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を示す衝突物体マスクを生成し、

前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記衝突物体を間に挟むように、被衝突物体用投影面を設定し、

前記被衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記被衝突物体の投影領域を示す投影領域情報、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち、前記衝突物体マスクが示している方の情報を示す被衝突物体マスクを生成し、

前記投影領域情報および奥行き情報のうち、前記衝突物体マスク及び前記被衝突物体マスクが示している情報を比較することで、前記衝突物体と前記被衝突物体が衝突している可能性があるかどうかを判定することを特徴とする衝突判定方法。

【請求項 2】衝突の有無を判定する対象となる衝突物体と、当該衝突物体以外の物体である被衝突物体とが、2次元あるいは3次元の形状情報で記述されている空間で、衝突物体と被衝突物体との衝突判定を行なう衝突判定装置において、

前記衝突物体を切断しない位置に衝突物体用投影面を設定する衝突物体用投影面設定手段と、

前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記衝突物体の投影領域を示す投影領域情報、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求める衝突物体投影手段と、

前記衝突物体投影手段で求められた情報を衝突物体マスクとして記憶する衝突物体マスク記憶手段と、

前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記衝突物体を間に挟むように、被衝突物体用投影面を設定する被衝突物体用投影面設定手段と、

前記被衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記被衝突物体の投影領域を示す投影領域情報、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち、前記衝突物体投影手段で求められた方の情報を求める被衝突物体投影手段と、

前記被衝突物体投影手段で求められた情報を被衝突物体

マスクとして記憶する被衝突物体マスク記憶手段と、前記投影領域情報及び前記奥行き情報のうち、前記衝突物体マスクおよび前記被衝突物体マスクに示されている方の情報を比較することで、前記衝突物体と前記被衝突物体が衝突している可能性があるかどうかを判定する判定手段を有することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 3】請求項 2 において、

前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面を複数の画素領域で構成し、前記衝突物体を前記衝突物体用投影面に平行投影して前記衝突物体の投影領域を前記画素領域単位で求めると共に、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報を前記画素領域単位で求めるものであり、

前記被衝突物体投影手段は、前記被衝突物体用投影面を前記衝突物体用投影面を構成する画素領域に対応する、複数の画素領域で構成し、前記被衝突物体を前記被衝突物体用投影面に平行投影して前記被衝突物体の投影領域を前記画素領域単位で求めると共に、前記投影領域に対応する前記被衝突物体の表面領域と前記被衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報を前記画素領域単位で求めるものであり、

前記判定手段は、前記衝突物体マスク記憶手段と被衝突物体マスク記憶手段とに記憶されている、前記衝突物体マスク及び前記被衝突物体マスクにおける投影領域情報と奥行き情報とを各画素領域単位で比較することで、前記衝突物体と前記被衝突物体との衝突判定を行なうことを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 4】請求項 3 において、

前記判定手段は、前記衝突物体マスク及び前記被衝突物体マスクの投影領域情報が示す投影領域のうち、互いに重なる画素領域が存在し、かつ、前記衝突物体マスクの奥行き情報の示す距離が、前記被衝突物体マスクの奥行き情報の示す距離以下となる画素領域が存在する場合に、衝突している可能性があるとして判定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 5】請求項 2 または 3 において、

前記衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体を切断せず接する位置に衝突物体用投影面を設定するものであり、

前記被衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記衝突物体を間に挟み、前記衝突物体と接するように、被衝突物体用投影面を設定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 6】請求項 2 または 3 において、

入力される移動量に応じて、前記衝突物体の移動軌跡を決定する移動情報生成手段をさらに有し、

前記衝突物体用投影面設定手段は、前記移動する衝突物体を切断しない位置に前記衝突物体用投影面を設定するものであり、

3

前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記移動する衝突物体が移動中に占有する領域に対する投影領域、および、前記投影領域に対応する前記移動する衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求めるものであり、  
前記被衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記移動する衝突物体の軌跡を間に挟むように、被衝突物体用投影面を設定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 7】請求項 6 において、

前記衝突物体用投影面設定手段は、前記移動する衝突物体の軌跡を切断せず、当該移動での最終位置にある衝突物体に接する位置に衝突物体用投影面を設定するものであり、

前記被衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記移動する衝突物体の軌跡を間に挟み、当該移動の初期位置での前記衝突物体と接するように、被衝突物体用投影面を設定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 8】請求項 2 または 3 において、

前記衝突物体用投影面設定手段と前記被衝突物体用投影面設定手段とは、投影する方向が互いに異なる、複数組の衝突物体用投影面及び被衝突物体用投影面を設定し、前記衝突物体投影手段と前記被衝突物体投影手段とは、前記設定された複数組の衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面とを用いて、複数組の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクをそれぞれ求め、  
前記判定手段は、前記複数組の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを組毎に用いて、それぞれ衝突判定を行ない、衝突している可能性があるかと判定されないマスクの組が 1 組でも存在する場合には、衝突しないと判定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 9】請求項 8 において、

前記衝突物体用投影面設定手段と前記被衝突物体用投影面設定手段とは、第 1 の組の衝突物体用投影面及び被衝突物体用投影面を設定し、

前記衝突物体投影手段と前記被衝突物体投影手段とは、前記第 1 の組の衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面とを用いて、第 1 の組の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを求め、

さらに、前記衝突物体用投影面設定手段と前記被衝突物体用投影面設定手段とは、前記設定された第 1 の組の衝突物体用投影面及び被衝突物体用投影面を互いに交換して、第 2 の組の衝突物体用投影面及び被衝突物体用投影面を設定し、

前記衝突物体投影手段と前記被衝突物体投影手段とは、前記第 2 の組の衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面とを用いて、第 2 の組の衝突物体マスクと被衝突物体マスクを求めることを特徴とする衝突判定装置。

4

【請求項 10】請求項 6 において、

前記移動する衝突物体は、平行移動するものであり、  
前記移動情報生成手段は、前記平行移動する衝突物体の移動ベクトル、及び、始点位置と終点位置を決定するものであり、

前記衝突物体用投影面設定手段は、前記平行移動する衝突物体の移動ベクトルに垂直で、当該移動中の衝突物体を切断しない位置に前記衝突物体用投影面を設定するものであることを特徴とする衝突判定装置。

10 【請求項 11】請求項 10 において、

前記衝突物体用投影面設定手段により、前記移動ベクトルの移動先の方に前記衝突物体用投影面が生成された場合には、

前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記移動する衝突物体の終点位置における衝突物体の投影領域、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求めることを特徴とする衝突判定装置。

20 【請求項 12】請求項 11 において、

前記衝突物体用投影面設定手段により、前記移動ベクトルの移動先の方とは反対の方に前記衝突物体用投影面が生成された場合には、

前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記移動する衝突物体の始点位置における衝突物体の投影領域、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求めることを特徴とする衝突判定装置。

30 【請求項 13】請求項 6 において、

前記衝突物体は回転するものであり、  
前記移動情報生成手段は、前記回転する衝突物体の始点位置及び終点位置を決定するものであり、

前記衝突物体用投影面設定手段は、前記回転する衝突物体の回転平面に垂直で、回転中の衝突物体を切断しない位置に、前記衝突物体用投影面を設定するものであり、  
前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記回転する衝突物体の始点位置あるいは終点位置における衝突物体の投影領域、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求めるものであり、

前記被衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記回転中の衝突物体を切断せずに、前記回転中の衝突物体を間に挟むように、被衝突物体用投影面を設定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 14】請求項 6 において、

前記衝突物体は、所定の回転量だけ回転すると共に、所定の移動量だけ平行移動するものであり、

50 前記移動情報生成手段は、前記移動する衝突物体の始点

5

位置及び終点位置とを決定するものであり、  
前記衝突物体用投影面設定手段は、前記平行移動の移動ベクトルに垂直で、移動中の衝突物体を切断しない位置に、前記衝突物体用投影面を設定するものであり、  
前記衝突物体投影手段は、前記回転及び平行移動する衝突物体の始点位置での初期状態から前記所定の回転量だけ回転された状態までに占有される領域の投影領域と、前記始点位置の初期状態から前記所定の移動量だけ平行移動されて到達する終点位置での、初期状態から前記所定の回転量だけ回転された状態までに占有される領域の投影領域とを、前記投影領域とするものであり、  
前記被衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記回転中の衝突物体を切断せずに、前記回転中の衝突物体を間に挟むように、被衝突物体用投影面を設定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 15】請求項 14 において、  
前記衝突物体投影手段は、  
前記回転及び平行移動する衝突物体の始点位置での初期状態にある衝突物体の投影領域、及び、当該初期状態から前記所定の回転量だけ回転された状態における衝突物体の投影領域と、  
当該衝突物体が前記始点位置の初期状態から前記所定の移動量だけ平行移動されて到達する終点位置での初期状態にある衝突物体の投影領域、及び、当該初期状態から前記所定の回転量だけ回転された状態における衝突物体の衝突領域とを、前記投影領域とするものであることを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 16】請求項 14 または 15 において、  
前記衝突物体用投影面設定手段により、前記平行移動の移動ベクトルの移動先の方向に前記衝突物体用投影面が生成された場合には、  
前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記移動する衝突物体の終点位置における衝突物体の投影領域、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求めることを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 17】請求項 14 または 15 において、  
前記衝突物体用投影面設定手段により、前記平行移動の移動ベクトルの移動先の方向とは反対の方向に前記衝突物体用投影面が生成された場合には、  
前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記移動する衝突物体の始点位置における衝突物体の投影領域、および、前記投影領域に対応する前記始点位置にある衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求めることを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 18】請求項 2 または 3 において、  
入力される移動量に応じて、前記衝突物体の移動位置を

6

決定する移動情報生成手段と、  
前記移動情報生成手段に入力される移動量から、前記衝突物体の移動の形態を識別する移動形態識別手段と、  
前記移動形態識別手段による識別結果に応じて、選択処理を実行する選択手段とをさらに有し、  
前記衝突物体用投影面設定手段、前記衝突物体投影手段、前記被衝突物体用投影面設定手段、及び前記被衝突物体投影手段の各々は、前記識別される移動の形態に応じて予め決定されている処理方法をそれぞれ実行する、複数の処理手段を設け、  
前記選択手段は、前記衝突物体用投影面設定手段、前記衝突物体投影手段、前記被衝突物体用投影面設定手段、及び前記被衝突物体投影手段の各々について、前記移動形態識別手段の識別結果に応じた処理手段を 1 つ選択して、当該処理手段の処理を実行させることを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 19】請求項 2 または 3 において、  
前記衝突物体の形状は、ある直線方向にスイープされた形状を有する直線掃引体であり、  
前記衝突物体用投影面設定手段は、前記直線方向に垂直で、前記直線掃引体の一端面に接する位置に衝突物体用投影面を設定するものであり、  
前記被衝突物体用投影面設定手段は、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記直線掃引体の他の端面に接するように、被衝突物体用投影面を設定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 20】請求項 19 において、  
前記衝突物体の形状が前記直線掃引体であるかどうかを識別する形状識別手段と、  
前記形状識別手段による識別結果に応じて、選択処理を実行する選択手段とをさらに有し、  
前記衝突物体用投影面設定手段、前記衝突物体投影手段、前記被衝突物体用投影面設定手段、及び前記被衝突物体投影手段の各々は、前記識別される形状に応じて予め決定されている処理方法をそれぞれ実行する、複数の処理手段を設け、  
前記選択手段は、前記衝突物体用投影面設定手段、前記衝突物体投影手段、前記被衝突物体用投影面設定手段、及び前記被衝突物体投影手段の各々について、前記形状識別手段の識別結果に応じた処理手段を 1 つ選択して、当該処理手段の処理を実行させることを特徴とする衝突判定装置。

【請求項 21】請求項 3 において、  
前記被衝突物体用投影面に被衝突物体を投影する際に、投影された被衝突物体を識別するための識別情報を前記画素領域毎に記憶する識別情報記憶手段をさらに有し、  
前記判定手段は、前記衝突物体と前記被衝突物体とが衝突すると判定された画素領域に対応して記憶されている識別情報をもとに、衝突した前記被衝突物体を特定することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項22】請求項3において、  
前記判定手段は、前記衝突物体と前記被衝突物体とが衝突すると判定された画素領域における、前記衝突物体マスクあるいは前記被衝突物体マスクの奥行き情報をもとに、衝突位置を求めることを特徴とする衝突判定装置。

【請求項23】請求項3において、  
前記判定手段の判定結果により、前記衝突物体と前記被衝突物体とが衝突すると判定された場合には、当該衝突すると判定された1以上の画素領域の位置に対応して設定される衝突位置に、衝突を示す所定の形態の画像を、前記衝突物体及び前記被衝突物体に重ねて表示する、表示手段をさらに有することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項24】請求項3において、  
前記判定手段の判定結果により、前記衝突物体と前記被衝突物体とが衝突すると判定された場合には、当該衝突すると判定された1以上の画素領域の位置に対応して設定される衝突位置に、衝突を示す所定の形態の画像を、前記衝突物体マスクあるいは前記被衝突物体マスクに重ねて表示する、表示手段をさらに有することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項25】請求項3において、  
前記判定手段の判定結果により、前記衝突物体と前記被衝突物体とが衝突すると判定された場合には、当該衝突し減り込んでいると判定された各画素領域の位置に、当該画素領域での前記衝突物体マスクと前記被衝突物体マスクとの奥行き情報の差に応じた高さを有する直方体あるいは多面体をそれぞれ形成し、形成した直方体あるいは多面体を前記衝突物体及び前記被衝突物体に重ねて表示する、表示手段をさらに有することを特徴とする衝突判定装置。

【請求項26】請求項2において、  
前記衝突物体は、複数のポリゴンにより構成されるものであり、  
前記衝突物体投影手段は、前記衝突物体を前記ポリゴン毎に前記衝突物体用投影面に平行投影して前記衝突物体のポリゴン毎の投影領域を求めると共に、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報を求めるものであり、  
前記判定手段は、前記ポリゴン毎の衝突物体マスクが得られる毎に、当該ポリゴン毎の衝突物体マスクと、前記被衝突物体マスクとを比較して、前記衝突物体と前記被衝突物体との衝突判定を行なうことを特徴とする衝突判定装置。

【請求項27】請求項2において、  
前記被衝突物体は、複数のポリゴンにより構成されるものであり、  
前記被衝突物体投影手段は、前記衝突物体を前記ポリゴン毎に前記被衝突物体用投影面に平行投影して前記被衝突物体のポリゴン毎の投影領域を求めると共に、前記投影領域に対応する前記被衝突物体の表面領域と前記被衝

突物体用投影面との距離を示す奥行き情報を求めるものであり、

前記判定手段は、前記ポリゴン毎の被衝突物体マスクが得られる毎に、当該ポリゴン毎の被衝突物体マスクと、前記衝突物体マスクとを比較して、前記衝突物体と前記被衝突物体との衝突判定を行なうことを特徴とする衝突判定装置。

【請求項28】入力される操作に応じて位置が設定される衝突物体と、当該衝突物体以外の物体である被衝突物体とが、2次元あるいは3次元の形状情報で記述されている空間で、衝突物体と被衝突物体との衝突判定を行ない、その結果に基づいて設定された位置に衝突物体および被衝突物体の画像が表示される、情報処理装置において、

入力される操作を受け付け、前記衝突物体の位置を設定する入力手段と、  
前記設定された位置にある衝突物体と、前記被衝突物体との衝突判定を行なう衝突判定手段と、  
前記衝突判定手段による判定結果を用いて、前記衝突物体および前記被衝突物体のうち少なくとも一方の位置を再設定して表示する物体位置設定手段とを有し、  
前記衝突判定手段は、前記請求項2～27のいずれかに記載の衝突判定装置であることを特徴とする情報処理装置。

【請求項29】入力される座標変換命令に応じて座標変換処理を行なう座標変換回路と、変換された座標系で表現される物体の形状を入力される投影方向に応じて投影処理を行う投影回路とを有する情報処理装置において、  
衝突の有無を判定する対象となる衝突物体、及び、当該衝突物体以外の物体である被衝突物体を、2次元あるいは3次元の形状情報として記憶する第1の記憶部と、  
前記記憶されている衝突物体の形状情報から、前記衝突物体を切断しない位置に衝突物体用投影面を設定し、前記座標変換回路を制御して当該衝突物体用投影面に対応する座標系を求めるための座標変換処理を実行させ、さらに、前記投影回路を制御して、前記衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記変換された座標系で表わされた衝突物体の投影領域を示す投影領域情報および前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報を示す衝突物体マスクを生成し、さらに、前記衝突物体用投影面と平行でかつ前記衝突物体を間に挟むように被衝突物体用投影面を設定し、前記座標変換回路を制御して当該被衝突物体用投影面に対応する座標系を求めるための座標変換処理を実行させ、さらに、前記投影回路を制御して、前記被衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記変換された座標系で表わされた被衝突物体の投影領域を示す投影領域情報および前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報を示す被衝突物体マスクを生成

するマスク生成部と、  
前記制御部で生成された衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを記憶する第2の記憶部と、  
前記第2の記憶部に記憶されている、前記衝突物体マスク及び前記被衝突物体マスクの情報を比較することで、前記衝突物体と前記被衝突物体が衝突している可能性があるかどうかを判定する判定部と、  
前記判定部で衝突している可能性があるとして判定された場合には、衝突を示す所定の画像を、前記衝突物体及び前記被衝突物体の画像に重ねて表示する表示部とを有する

ことを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、2次元或は3次元のCAD装置、コンピュータグラフィックス(CG)装置、バーチャルリアリティ(VR)装置、ゲーム装置等において、実空間にある物体と物体との衝突または干渉における物理的性質を利用してシミュレーションすることで、物体と物体との衝突判定あるいは干渉判定を行なうことを可能とする方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、物体とある1点の衝突判定については、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 94, No. 77, HC94-1-15 [ヒューマンコミュニケーション]、1994年5月27日、1頁から8頁に記載されている。

【0003】上記従来技術は、物体をある視点から見て、物体を表わすポリゴンの形状を、奥行き情報と共に、所定の投影面に平行投影することで、物体の存在領域を表現する。この存在領域の情報に基づいて、ある1点

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来技術は、物体とある1点の衝突判定だけを行なうものであり、実際の衝突判定においては、物体と物体との衝突判定が必要である。さらに、静止している物体同士ではなく、回転や移動する物体に対する衝突判定を行う必要もある。

【0005】本発明の目的は、静止状態あるいは移動状態での物体と物体との衝突判定を行なうことができる衝突判定方法及び装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、衝突の有無を判定する対象となる衝突物体と当該衝突物体以外の物体である被衝突物体とが2次元あるいは3次元の形状情報で記述されている空間で衝突物体と被衝突物体との衝突判定を行なう衝突判定装置において、前記衝突物体を切断しない位置に衝突物体用投影面を設定する衝突物体用投影面設定手段と、前記衝突物体用投

影面からの平行投影により投影された前記衝突物体の投影領域を示す投影領域情報および前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を求める衝突物体投影手段と、前記衝突物体投影手段で求められた情報を衝突物体マスクとして記憶する衝突物体マスク記憶手段と、前記衝突物体用投影面と平行でかつ前記衝突物体を間に挟むように被衝突物体用投影面を設定する被衝突物体用投影面設定手段と、前記被衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記被衝突物体の投影領域を示す投影領域情報および前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち前記衝突物体投影手段で求められた方の情報を求める被衝突物体投影手段と、前記被衝突物体投影手段で求められた情報を被衝突物体マスクとして記憶する被衝突物体マスク記憶手段と、前記投影領域情報及び前記奥行き情報のうち前記衝突物体マスクおよび前記被衝突物体マスクに示されている方の情報を比較することで前記衝突物体と前記被衝突物体が衝突している可能性があるかどうかを判定する判定手段を有することを特徴とする衝突判定装置により達成される。

【0007】

【作用】本発明においては、設定された衝突物体用投影面からの平行投影により投影された前記衝突物体の投影領域を示す投影領域情報、および、前記投影領域に対応する前記衝突物体の表面領域と前記衝突物体用投影面との距離を示す奥行き情報のうち少なくとも一方を示す衝突物体マスクを生成する。

【0008】さらに、前記衝突物体用投影面と平行で、かつ、前記衝突物体を間に挟むように、被衝突物体用投影面を設定し、この被衝突物体用投影面を用いて、前記衝突物体マスクと同様に、被衝突物体マスクを生成する。

【0009】さらに、投影領域情報および奥行き情報のうち、前記衝突物体マスク及び前記被衝突物体マスクが示している情報を互いに比較することで、衝突物体と被衝突物体が衝突している可能性があるかどうかを判定する。

【0010】

【実施例】以下、本発明による衝突判定方法を実行する衝突判定装置の一実施例を図面を用い説明する。

【0011】なお、本実施例では衝突判定装置を例にあげて説明するが、本発明は、CG装置やCG装置を用いたゲーム装置、VRを利用した装置、CAD装置等の図形表示処理を含む情報処理を実行する情報処理装置にも本実施例と同様に適用することができる。これらの装置は、本実施例の構成をそのまま用いるか、あるいは、衝突物体あるいは被衝突物体の形状や移動に関する所定のアルゴリズムを加えることで構成すること可能である。

【0012】本実施例の衝突判定装置は、図1の構成プ



ロック図に示すように、本装置を制御する制御用CPU 1、バス4、形状メモリ5、図形演算処理部8、スイッチ12、レンダリング装置16、画像メモリ17、表示装置18、入力装置19、及び、マスクメモリ群23を有する。

【0013】制御用CPU 1は、衝突判定方法2および各種入出力装置の制御方法3などの各種アルゴリズムによって構成されるプログラムを実行する。衝突判定方法2を規定する処理アルゴリズムについては後で詳細に述べる。制御用CPU 1は、バス4により、各種メモリ、

10 入出力装置、演算装置と接続されている。  
【0014】形状メモリ5は、衝突物体形状メモリ6と、被衝突物体形状メモリ7とから構成される。ここで、衝突物体とは、操作者が移動などの操作を行っている物体であり、被衝突物体とは、衝突物体以外の他の周囲の物体を指す。例えば、操作者がコップをつかんで投げる場合、衝突物体はコップであり、床や、周囲の壁、置かれているテーブルなどは、被衝突物体である。

【0015】図形演算処理部8は、座標変換回路9、投影回路10、及び奥行き情報記憶メモリ11より構成される。座標変換回路9、投影回路10には、例えば周知の座標変換処理、投影処理を実行する集積回路(IC)チップを含んでそれぞれ構成される。奥行き情報記憶メモリ11は、後述する衝突物体あるいは被衝突物体のマスク(投影面)の奥行き情報を一時的に記憶するメモリである。ここで、奥行き情報とは、設定された投影面を複数の領域(画素)に分割した場合に、各画素に対応して得られる衝突物体あるいは被衝突物体までの距離を示す情報を指す。

【0016】スイッチ12は、図形演算処理部8で生成された奥行き情報記憶メモリ11に記憶されている奥行き情報等を、マスクメモリ群23の各メモリとレンダリング装置16とに振り分けるもので、そのスイッチ動作は、制御用CPU 1で実行される衝突判定方法2により制御される。

【0017】マスクメモリ群23は、被衝突物体マスク記憶メモリ13と、被衝突物体識別メモリ14と、衝突物体マスク記憶メモリ15とから構成される。被衝突物体マスク記憶メモリ13は、設定されたマスク(投影面)から被衝突物体までの距離を画素ごとに記憶する。被衝突物体識別メモリ14は、投影された被衝突物体を識別する情報が記憶される。衝突物体マスク記憶メモリ15は、設定されたマスク(投影面)から衝突物体までの距離を画素ごとに記憶する。

【0018】レンダリング装置16は、処理の結果得られる形状に陰影を付けるため装置である。ここで陰影が付与された衝突物体や被衝突物体等の形状を含む画像や、衝突判定の結果などは、画像メモリ17を介して、表示装置18に表示される。

【0019】なお、衝突判定結果を表示する際には、衝

突物体及び被衝突物体の衝突している状態、あるいは衝突していない状態を示す表示データを、各物体の形状データを用いて制御用CPU 1で生成し、生成した表示データを、図形演算処理部8及びスイッチ12を通してレンダリング装置16へ送り、表示装置18に表示させる。

【0020】入力装置19は、ジョイスティック20と、データグローブ21と、キーボード22を有する。データグローブ21は操作者の手の動きを検出するためのものである。操作者は、これらの入力装置を用いて、衝突物体の移動などを行う。

【0021】次に、制御用CPU 1により実行される、本発明を適用した衝突判定方法2について説明する。本発明を適用した衝突判定方法では、判定の精度、衝突物体或いは被衝突物体の位置や運動によって用いるアルゴリズムを選択することができる。それぞれの条件において用いることができる衝突判定方法の実施例を以下で説明する。

【0022】最初に、衝突判定方法における基本的な処理の流れの実施例を図2に示す。本実施例では、説明の単純化のために、衝突物体及び被衝突物体の形状を2次元として説明する。物体の形状が3次元の場合でも、2次元の場合と比較して奥行き方向が増えるだけであり、2次元の場合と同様に扱える。なお、図3に衝突物体マスクの生成方法を、図4に被衝突物体マスクの生成方法を示す。

【0023】本実施例の衝突判定方法では、図2に示すように、ステップ2011では、衝突物体の形状データを読み込み、さらに、ステップ2012では、前記読み込んだ衝突物体の形状データを投影するための投影面を生成する。例えば、図3に示すように、衝突物体2022に対して、衝突物体用投影面2021を設定する。

【0024】次に、ステップ2013では、衝突物体の存在領域を示す衝突物体マスクを生成する。衝突物体2022は、投影面2021から見ると、太線2024の部分となる。2024の裏側は投影面2021から見えないので、見えない領域にはすべて衝突物体が存在するとする。従って、投影面2021から見た衝突物体2022の存在領域は、斜線部分2023となる。この斜線部分2023が、本実施例で定義する衝突物体マスクである。

【0025】また、衝突物体マスクと同様に、被衝突物体マスクも生成する。すなわち、被衝突物体の形状データを読み込み(ステップ2014)、それを投影する被衝突物体用投影面2031を、図4に示すように生成する(ステップ2015)。図4では、2031が被衝突物体用投影面、2032が被衝突物体である。

【0026】次に、ステップ2016では、被衝突物体マスクを生成する。被衝突物体2032のうち投影面2031から見える部分は、太線部分2034となる。従

って、上記ステップ 2013 での衝突物体マスクの生成と同様の処理で、被衝突物体の存在領域は、斜線部分 2033 となる。この斜線部分 2033 が、本実施例で定義する被衝突物体マスクである。

【0027】次に、ステップ 2017 では、生成された衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの重なり判定を行う。図 5 に衝突しない場合の例を、図 6 に衝突する場合の例を示す。

【0028】衝突物体 2041、被衝突物体 2042 が、図 5 に示すような位置にあり衝突しない場合には、これら物体のマスク、すなわち投影面 2021 に対する衝突物体マスク 2023、及び投影面 2031 に対する被衝突物体マスク 2033 は、重ならない。一方、衝突物体 2051、被衝突物体 2052 が、図 6 に示すような位置にあり衝突する場合に、衝突物体マスク 2023 及び被衝突物体マスク 2033 は領域 2053 で重なる。

【0029】従って、衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの重なり判定を行うことにより、衝突物体と被衝突物体との衝突判定ができる。

【0030】本実施例は、上記図 2 の基本的処理手順を用いるもので、衝突判定の対象となる物体の存在領域を示すマスクを生成し、その領域を比較するだけで衝突判定ができるといった効果がある。

【0031】次に、衝突物体が静止状態あるいは静止状態として近似可能な運動状態における衝突判定方法の処理の流れの他の実施例を、図 7～図 15 を用いて詳細説明する。

【0032】最初、衝突物体マスクを生成する。制御用 CPU 1 は、衝突物体形状メモリ 1 より衝突物体 37 の形状データを、衝突物体形状メモリ 6 (図 1 参照) から読み込み、入力する (ステップ 25)。ここで、以下の説明で用いる衝突物体 37 は、図 8 に示すような、正面形状 37a、上面形状 37b、及び、側面形状 37c を有するものとする。

【0033】次に、ステップ 26 において、衝突物体 37 を切断せず、衝突物体 37 全体が平行投影されるのに十分な面積を有する衝突物体用投影面を、座標変換回路 9 (図 1 参照) を用いて生成する。衝突物体を切断しない投影面としては、例えば、衝突物体に外接する多面体を生成し、その外部に平面を生成しそれを投影面とする。

【0034】衝突物体 37 の衝突物体用投影面 41 への投影のようすを図 9 に示す。ここで、図 9 の下半分は、衝突物体用投影面 41 と衝突物体 37 とを、衝突物体 37 の正面図方向から見た図であり、上半分は、後述するステップ 27～29 で、衝突物体用投影面 41 上に生成される、図 8 の上面図方向から見た、2 次元の衝突物体マスクの一例を示している。

【0035】次に、ステップ 27、28 では、投影回路

10 により衝突物体 37 を衝突物体用投影面 41 へ平行投影し、z バッファ法を用いて隠面処理を行う。具体的には、衝突物体用投影面 41 をマトリックス状に配置されている複数の画素領域から構成し、衝突物体用投影面 41 からの平行投影により投影される衝突物体 37 の表面までの距離を各画素領域に分割して求め、その求められた値を奥行き情報として奥行き情報記憶メモリ 11 に格納する。したがって、奥行き情報記憶メモリ (z-buffer) 11 の画素領域毎の値を見ることにより、衝突物体用投影面 41 から衝突物体 37 の投影されている表面各部までの距離がわかる。

【0036】例えば、図 9 に示すように、衝突物体用投影面 41 が、行方向 n、列方向 m の複数の画素領域に分割されているとする。奥行き情報メモリ 11 には、各画素領域毎に、衝突物体までの距離が与えられる。また、衝突物体が投影されない画素領域には、投影されなかった事を示す値である  $\phi$  を与えるものとする。

【0037】各画素領域に与える値を  $D_m(n, m)$  とすると、図 9 において、衝突物体が投影されない領域、例えば領域 (1, 1) では、 $D_m(1, 1) = \phi$ 、衝突物体 37 と衝突物体用投影面 41 との距離が a である領域 (2, 3) では、 $D_m(2, 3) = a$ 、同じく距離が b である領域 (2, 6) では、 $D_m(2, 6) = b$  となる。

【0038】以下の説明では、衝突物体と衝突物体用投影面とから求められる、上記で定義される  $D_m$  の値の群を「衝突物体マスク」と定義する。

【0039】次に、ステップ 29 では、スイッチ 12 の切り換えにより奥行き情報記憶メモリ 11 (図 1 参照) と衝突物体マスク記憶メモリ 13 とが接続され、求められた衝突物体マスクのデータが、衝突物体マスク記憶メモリ 15 に格納される。

【0040】次に、被衝突物体マスクを生成する。ステップ 31 において、座標変換回路 9 により、被衝突物体用投影面を生成する。被衝突物体用投影面は、衝突物体用投影面に平行で、衝突物体を切断せず、かつ、衝突物体用投影面との間に衝突物体を挿入、衝突物体用投影面と同様の形状の平面とする。

【0041】本実施例における被衝突物体用投影面 51 への投影のようすを図 10 に、被衝突物体 61 の形状例を図 11 に示す。例えば、衝突物体用投影面 41 が図 10 に示される位置にある場合には、被衝突物体用投影面 51 は、衝突物体 37 の反対側に配置される。

【0042】なお、被衝突物体用投影面 51 を生成する際には、被衝突物体 61 の位置を特に考慮する必要はない。本実施例では、ここで生成される被衝突物体用投影面 51 と、先に生成された衝突物体投影面 41 とで挟まれる空間内において衝突判定を行なう。

【0043】次に、ステップ 30 で入力された形状データにより表わされる被衝突物体 61 を、ステップ 32 で

被衝突物体用投影面51へ平行投影する。このときの投影区間は、衝突物体用投影面41と被衝突物体投影面51とに挟まれた空間とする。被衝突物体用投影面51では、衝突物体用投影面41と同じように、 $m \times n$ の画素領域に分割し、当該各画素領域が、平行に対峙する衝突物体用投影面41の各画素領域と1対1に対応するように設定する。

【0044】次に、ステップ33で、上記ステップ27と同様に、投影回路10により、zバッファ法を用いて隠面処理を行ない、奥行き情報記憶メモリ11に各画素領域において求められた、被衝突物体用投影面51から被衝突物体61までの距離を格納する。また、衝突物体\*

$$Ds(m, n) = w - DS(m, n)$$

であると定義する。例えば奥行き情報記憶メモリ11の各画素毎の記憶データの初期値を $w$ とし、該初期値から上記で求められた $DS(n, m)$ の値を減算する構成としても良い。また、被衝突物体61が投影されない場合( $DS(m, n) = \phi$ )に対しては、 $Ds(m, n) = \phi$ とする。

【0046】このようにして得られた距離は、衝突物体用投影面41から、被衝突物体61の、被衝突物体用投影面51で投影される表面の裏面までの距離となる。

【0047】本実施例では、以上で生成された被衝突物体用投影面51及び衝突物体用投影面41と、被衝突物体61とから得られる $Ds$ の値の群を「被衝突物体マスク」と定義する。

【0048】被衝突物体マスクのデータは、ステップ34において、奥行き情報記憶メモリ11からスイッチ12を通して、被衝突物体マスク記憶メモリ13(図1参照)へ格納される。

【0049】本ステップでは、さらに、例えば被衝突物体形状メモリ6に、形状と共に予め記憶されている被衝突物体を識別するための識別情報を、被衝突物体マスクに対応する画素領域毎に読みだし、識別情報 $Di(m, n)$ として、スイッチ12を通して被衝突物体識別メモリ14(図1参照)へ格納する。

【0050】本実施例では、以上のように、ステップ25～29で生成された衝突物体マスクと、ステップ30※

$$Dm(n, m) = \phi \quad \text{or} \quad Ds(n, m) = \phi \quad (\text{数2})$$

あるいは、衝突物体37から衝突物体用投影面41までの距離が、被衝突物体用投影面51により投影される被衝突物体61の表面から衝突物体用投影面41までの距離よりも大きい場合、すなわち、

$$Dm(n, m) > Ds(n, m) \quad (\text{数3})$$

の場合、その領域 $(n, m)$ では衝突しないと判定する。

【0055】一方、

$$Dm(n, m) \leq Ds(n, m) \quad (\text{数4})$$

の場合、その領域 $(n, m)$ で衝突すると判定する。

【0056】最後に、衝突判定結果を表示装置18に表

\*用投影面41と同様に、被衝突物体61が投影されない場合は $\phi$ を与える。各画素領域の値を $DS(n, m)$ とすると、例えば、被衝突物体61が投影されない領域 $(1, 1)$ では、 $DS(1, 1) = \phi$ 、被衝突物体61と被衝突物体用投影面51との距離が $c'$ である領域 $(3, 3)$ では、 $DS(3, 3) = c'$ となる。

【0045】本実施例では、上記のようにして得られた被衝突物体用投影面51上の各画素領域の値を、さらに、衝突物体用投影面41からの距離に変換する。すなわち、衝突物体用投影面41と被衝突物体用投影面51との距離 $w$ とすると、被衝突物体61の投影された表面の各部から衝突物体用投影面41までの距離 $Ds$ は、  
(数1)

※～34で生成された被衝突物体マスクとを用いて衝突判定を行なうものである。

【0051】なお、図7で示されている処理の流れは、本実施例での処理構成を判り易く示すためのものであり、制御用CPU1の経時的な処理動作を限定するものではない。実際の制御用CPU1の動作では、例えば、ステップ25～29が実行され衝突物体マスクを生成し、その後、ステップ30～34が実行され被衝突物体マスクを生成する構成とする。

【0052】次に、ステップ35では、被衝突物体マスク $Ds(n, m)$ の値が全て $\phi$ であるかをチェックする。被衝突物体マスクを生成するための投影領域は、衝突物体に外接する。もし、被衝突物体マスクの全ての要素が $\phi$ であれば、当該投影領域内に被衝突物体は存在しない。従って、衝突物体37は、被衝突物体に衝突しないと判定される。

【0053】ステップ35において全てが $\phi$ でないと判定された場合、ステップ36へ進み、衝突物体用投影面41に投影して得られた衝突物体マスク $Dm(n, m)$ と被衝突物体マスク $Ds(n, m)$ とを比較して、衝突判定を行なう。

【0054】比較に際しては、上記両マスクを、互いに対応する各画素領域ごとに比較して、 $Dm(n, m)$ 或いは $Ds(n, m)$ の何れかが $\phi$ である場合、すなわち、

示す。判定結果の表示に際しては、例えば、衝突物体及び被衝突物体を、それらの相対位置関係や衝突した領域等が示されるように、レンダリング装置16および画像メモリ17を通して、前記判定結果と併せて表示する。なお、衝突領域の表示例については後述する。

【0057】上記ステップ36での衝突判定に関して、より詳細に説明する。

【0058】図9に示される衝突物体マスク43において、ある $n$ の値に対して、 $m$ 方向に並ぶ(直線44上に位置する)、1列の画素領域での値は、図12に示すようになる。図12において、横軸が列方向( $m$ 方向)、

縦軸が衝突物体用投影面 41 から衝突物体 37 までの距離、または投影が無かったことを示す  $\phi$  を示す。図中では、領域 72 が距離情報が入っている領域、領域 71 が  $\phi$  の入っている領域である。

【0059】ここで、領域 71 及び 72 は、決して衝突物体 37 が存在しない領域であり、領域 73 は、衝突物体が存在する可能性のある領域である。

【0060】一方、図 10 に示される被衝突物体マスク 52 において、ある  $n$  の値に対して、 $m$  方向に並ぶ（直線 54 上に位置する）、1 列の画素領域での値は、図 13 に示すようになる。図 13 において、横軸が列方向（ $m$  方向）、縦軸が衝突物体用投影面 41 を基準としたときの被衝突物体 61 までの距離または、投影が無かったことを示す  $\phi$  である。図中では、領域 81 が距離情報が入っている領域、領域 82 が  $\phi$  の入っている領域である。

【0061】ここで、領域 81 及び 82 は、決して被衝突物体 61 が存在しない領域となり、領域 83 は、被衝突物体 61 が存在する可能性がある領域である。

【0062】したがって、衝突物体 61 と被衝突物体 37 とが、図 14 に示すように衝突しない場合、被衝突物体 61 が衝突物体 37 よりも衝突物体用投影面 41 側にある。すなわち、被衝突物体 61 が存在する可能性のある領域 83 と、衝突物体 37 が存在する可能性のある領域 73 とは全く重ならないため、上記数 3 の関係が、全ての画素領域（ $n$ 、 $m$ ）に対して成立する。

【0063】一方、衝突物体 61 と被衝突物体 37 とが、図 15 に示すように衝突する場合、衝突している領域 101 に含まれる画素領域（ $n$ 、 $m$ ）では、上記数 4 が成立する。この領域 101 では、衝突物体 37 が被衝突物体 61 にめり込んでいることを意味する。

【0064】以上説明したように、すべての画素領域（ $n$ 、 $m$ ）で衝突物体 37 と被衝突物体 61 とのマスクの値を比較し、上記数 2 あるいは数 3 が全ての領域で成立する場合、衝突物体 37 と被衝突物体 61 とは衝突していないと判定する。それ以外の場合、すなわち上記数 4 が成立する領域が存在する場合には、衝突物体 37 と被衝突物体 61 とは衝突すると判定される。

【0065】衝突したと判定された場合には、衝突物体 37 に衝突した被衝突物体 61 の特定を行なう。被衝突物体 61 を特定するには、投影された被衝突物体 61 の識別情報が記録されている  $D_i$  を用いる。例えば、領域（ $k$ 、1）で、上記数 4 なる関係が成り立った場合、 $D_i(k, 1)$  の情報を見ることにより、そこに投影された被衝突物体 61 が特定できる。

【0066】さらに、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの各領域の値は、衝突物体用投影面 41 からの距離を表しているの、衝突領域に含まれる画素領域でのマスクの値を読むことで、衝突領域の位置を特定することもできる。

【0067】本実施例によれば、静止状態あるいは静止状態と近似できる状態での、物体と物体との衝突判定を行なうことができる衝突判定方法及び装置を提供することができる。

【0068】さらに、本実施例によれば、ハードウェア化され、高速に処理が行える座標変換回路及び投影回路を用いて、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの各画素領域での値を求め、それらの値の大小関係だけで衝突判定ができるため、高速に衝突判定ができる。

【0069】さらに、本実施例によれば、衝突領域に該当するマスクの値から、生成した投影面に対する衝突領域の位置を求めることができる。

【0070】さらに、本実施例によれば、投影された被衝突物体の識別情報から、衝突した被衝突物体を特定することができる。

【0071】次に、本発明による衝突判定方法の他の実施例を、図 16 を用いて説明する。

【0072】本実施例では、衝突物体に、衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面とが接し、かつ、衝突物体用投影面の大きさが、当該投影面に投影したときの衝突物体の投影図形に外接するように、衝突物体用投影面及び被衝突物体用投影面を生成するものである。

【0073】本実施例の衝突判定方法は、上記図 7 に示された衝突判定方法と基本的には同じ処理を行なうものであるが、衝突物体及び被衝突物体用の投影面の位置の設定方法（図 7 のステップ 26 及びステップ 31）だけが異なる。

【0074】衝突物体用投影面 41 及び被衝突物体用投影面 51 が、図 16（a）に示すような位置にあり、被衝突物体が図中 114 の位置にある場合には、被衝突物体用投影面 51 に被衝突物体 114 が投影される。このため、衝突判定を行なうために、上記図 7 のステップ 36 へ進む必要がある。

【0075】しかし、図 16（a）に示されるような衝突物体 37 および被衝突物体 114 の配置の場合には、両物体が衝突しないのは明白である。

【0076】したがって、本実施例では、上記図 7 のステップ 26、31 で、衝突物体 37 に接するように、衝突物体用投影面 112 及び被衝突物体用投影面 113 を生成する（図 16（b）側面図参照）。

【0077】このように投影面 112、113 を生成すると、被衝突物体 114 は、2 つの投影面 112、113 で挟まれる投影区間の外側に位置し、被衝突物体用投影面 113 に被衝突物体 114 は投影されず、図 7 のステップ 35 において、全ての要素が  $\phi$  と判定されるため、ただちに衝突なしと判定され、図 7 のステップ 36 の処理が不必要となる。

【0078】また、衝突物体用投影面に衝突物体 37 を投影したときに生成される投影図形に外接するような大きさを有するように、衝突物体用投影面及び被衝突物体

用投影面を生成する場合にも、上記と同様のことが言える。すなわち、図 16 (b) 上面図に示されているように、衝突物体用投影面 112 の大きさを、衝突物体 37 の投影図形と同じ大きさとして、衝突判定すべき画素領域の個数を減少させることができ、より迅速な衝突判定が可能となる。

【0079】また、奥行き情報記憶メモリ 11 に値を記憶する場合、当該値は有限のビット精度で記憶される。このため、記憶する値の上限と下限の距離が短い方が、より高い精度で記憶される。

【0080】本実施例では、衝突物体用投影面を 41 に、被衝突物体用投影面を 51 に置いた場合に形成される領域 111 を省き (図 16 (a) 参照)、衝突物体投影面 112 及び被衝突物体用投影面 113 を衝突物体 37 へ接するように生成することで、奥行き情報記憶メモリ 11 に格納する値の精度を高めることができる。

【0081】本実施例によれば、投影面の大きさを減少させることにより、投影処理及び衝突判定処理を行なう \*

$$Dm1(n, m) \leq Ds1(n, m) \quad (\text{数 5})$$

なる領域 127 が存在し、衝突物体 37 及び被衝突物体 61 は衝突していると判定される。

【0086】しかし、図 17 に示されるように、衝突物体 37 と被衝突物体 61 とは衝突していない。これは、上記方法では、投影面から見える 1 つの視線方向における形状についての情報はあがるが、この視線方向以外の方向からしか見えない面についての情報は欠落しているからである。

【0087】そこで、本実施例では、衝突物体マスクと被衝突物体マスクの対を複数用い、見えない面を 1 つでも少なくすることで、衝突判定の確度を向上する。

【0088】本実施例の衝突判定方法を実行する衝突判定装置は、上記図 1 に示す構成において、被衝突物体マスク記憶メモリ 13、被衝突物体識別メモリ 14、及び衝突物体マスク記憶メモリ 15 よりなるメモリマスク群 23 を複数設けたことを特徴とする。本実施例では、メモリマスク群の個数は具体的に限定されるものではないが、以下の説明では、メモリマスク群 23 を 2 つ設けた場合について説明し、一方のメモリマスク群を第 1 群、他方を第 2 群とする。

【0089】また、本実施例の衝突判定方法は、以下で説明されるマスクの生成方法以外については、上記図 7 に示される処理の流れと基本的に同じである。

【0090】本実施例の衝突判定方法においては、最初、図 17 に示すような配置に衝突物体用投影面 41 及び被衝突物体用投影面を 51 に置いて投影処理を行い、衝突物体マスク、被衝突物体マスクをそれぞれ生成する。生成した各マスクを第 1 群の各メモリに記憶する。ここでは、第 1 群に記憶されているマスクでは、図 17 で示される、衝突物体マスク  $Dm1$  が領域 126、被衝突物体マスク  $Ds1$  が領域 125 の値となり、衝突を示

\*べき画素領域の個数を減少させることができるため、高速に衝突判定処理を行うことができる。

【0082】さらに、本実施例によれば、投影面と衝突物体との距離が短いので、奥行き情報記憶メモリ 11 に記憶する値の精度が高められ、その結果、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクのデータ精度を高めることが可能となる。

【0083】次に、本発明による衝突判定方法の他の実施例を、図 17 を用いて説明する。

10 【0084】本実施例は、衝突物体マスクと被衝突物体マスクの対を複数用いて、衝突判定を行なうものである。

【0085】例えば、衝突物体 37 を投影する衝突物体用投影面 41、及び、被衝突物体 61 を投影する被衝突物体用投影面 51 が、図 17 に示すように配置された場合を考える。このときの衝突物体マスク  $Dm1$ 、及び、被衝突物体マスク  $Ds1$  は、領域 126 及び 125 となる。従って、

す領域 127 が存在することになる。

【0091】次に、第 1 群に記憶されているマスクが得られたのと逆の方向から投影処理を行う。すなわち、衝突物体用投影面 41 を 122 へ、被衝突物体用投影面 21 を 121 の位置へ設定し、各マスクを新たに生成し、第 2 群の各メモリに記憶する。ここでは、第 2 群に記憶されているマスクは、衝突物体マスク  $Dm2$  が領域 123、被衝突物体マスク  $Ds1$  が領域 124 の値となる。第 2 群に記憶されたマスクの場合、上記数 3 を充たす衝突領域は存在しない。

30 【0092】従って、第 2 群に記憶されているマスクのデータによれば、衝突物体 37 と被衝突物体 61 とは衝突しないと判定される。

【0093】単一のメモリマスク群のデータを用いての判定は、前記した図 17 の例のように、見えない部分の情報の欠落のため、衝突しないと判定された場合は正しいが、衝突すると判定した場合には、正しくない場合がある。すなわち、1 対のマスクだけによる衝突するとの判定結果には、必ず衝突するということを意味するのではなく、より正確には、衝突する可能性があることを意味するものである。

【0094】本実施例では、各メモリマスク群の判定結果をもとに、各メモリマスク群のデータによる判定結果が、“全て”衝突すると判定した場合に、衝突物体と被衝突物体は衝突すると判定し、それ以外の場合には衝突しないと判定する。

【0095】本実施例ではマスクメモリ群を 2 つ用いた場合について説明したが、マスクメモリ群を 2 つ以上用いる場合でも同様である。

50 【0096】すなわち、投影方向を複数設け、各方向から投影して得られるマスクの対を、複数のマスクメモリ

群にそれぞれ記憶する。さらに、それらのマスクメモリ群の中で、衝突しないとの判定に対応するデータを有するメモリマスク群を捜す。

【0097】1つでも衝突しないと判定するデータを備えるマスクメモリ群があれば、衝突物体と被衝突物体とは衝突しないと判定される。投影方向を増やし、生成するマスクを増やせば増やすほど、衝突判定の確度は向上する。

【0098】本実施例によれば、複数の投影方向から投影することにより、影になって見えないために起こる情報の欠落を減少させ、衝突判定の確度を向上させることができるという効果がある。

【0099】次に、本発明による衝突判定方法の他の実施例を、図18を用いて説明する。

【0100】本実施例は、投影面を1つだけ用いて、衝突物体マスクと被衝突物体マスクを生成するものである。本実施例の衝突判定方法では、上記図7に示された衝突判定方法と基本的には同じ処理を行なうものであるが、被衝突物体マスクの生成方法(図7のステップ31~33)だけが異なる。

【0101】例えば、衝突物体用投影面41が、図18に示すような位置にあるとする。この場合、上記図7の処理により、衝突物体用投影面41に近い方の面だけが投影され、衝突物体マスク83が生成される。

【0102】次に、被衝突物体61を衝突物体用投影面41に投影する。ただし、この時投影するのは、衝突物体用投影面41に遠い方の面だけを投影して、被衝突物体マスク73を求める。なお、衝突物体用投影面41に対して遠い面だけを投影する処理は、周知の投影処理あるいは処理回路を利用して実現することが出来る。

【0103】本実施例によれば、衝突物体用投影面を設定するだけで、上記図7の実施例で得られるものと同様な、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを生成することができる。

【0104】次に、本発明による衝突判定方法の他の実施例について、図19を用いて説明する。

【0105】本実施例は、衝突物体が移動する場合での衝突判定方法である。上記実施例で説明した静止状態あるいは静止状態と近似できる状態での衝突判定(図7参照)と、本実施例で説明する移動状態での衝突判定処理との違いは、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの生成方法が違っただけであり、マスク生成後の衝突判定処理等のその他の処理は、静止状態での衝突判定方法における処理と同一である。

【0106】本実施例における、衝突物体が移動する場合の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの生成方法を図19を用いて説明する。本図において、衝突判定をすべき時間範囲における、衝突物体の始点位置を130、終点位置を131、移動軌跡を134とする。

【0107】本実施例では、本図に図示されているよう

に、衝突物体用投影面132は、ここで考慮する時間範囲で移動中の衝突物体を切断しない位置、例えば、終点位置にある衝突物体131に接する位置に置く。

【0108】次に、移動軌跡134に沿って動く衝突物体を、微小時間 $\Delta t$ 毎に、上記で説明した静止状態の衝突判定方法での投影処理と同様に、衝突物体用投影面132に投影する。このようにして投影された各微小時間毎の衝突物体に関する衝突物体用投影面132に対する奥行き情報を合成すると、領域137のようになる。本実施例では、これを衝突物体マスクとする。

【0109】被衝突物体用投影面133は、ここで考慮する時間範囲で移動中の衝突物体を切断せず、衝突物体用投影面132に平行で、かつ移動中の衝突物体を常に挟む位置、例えば始点位置にある衝突物体133に接する位置に置く。

【0110】次に、衝突物体用投影面132と被衝突物体用投影面133とに挟まれた空間に存在する被衝突物体を、上記で説明した静止状態の衝突判定方法での投影処理と同様に、被衝突物体用投影面133に投影する。このようにして投影されて得られる奥行き情報が、被衝突物体マスクとなる。

【0111】次に、上記で得られた衝突物体マスクと被衝突物体マスクとを、上述した静止状態での衝突判定方法と同様に比較して、衝突判定を行う。以上の処理により、衝突物体用投影面132より見える位置にある、被衝突物体との衝突判定をすることが出来る。

【0112】本実施例によれば、移動過程の衝突物体を、微小時間ごとに投影することにより移動中の衝突物体でも、静止状態と同様に衝突判定を行うことができ

る。

【0113】また、衝突判定の精度を増すためには、図17の実施例のように、複数のマスクメモリ群を設けておき、上記の条件の衝突物体用投影面及び被衝突物体投影面の対を複数設け、これらを用いて、複数の視線方向から見た場合の衝突判定を行なう。これにより見えない面が減少し、衝突判定の精度が向上する。

【0114】次に、本発明による衝突判定方法の他の実施例について、図20、図21を用いて説明する。

【0115】本実施例は、上記図18の実施例のように投影面を1つだけ用いて、2組の衝突物体マスクおよび被衝突物体マスクを生成し、これらを用いて衝突判定を行なうものである。上記図19の実施例とは、衝突物体マスクと被衝突物体マスクの生成方法に関する処理を除いて、基本的には同一の処理を行なう。以下では、本実施例のマスクの生成に係る処理について説明する。

【0116】本実施例では、図20に示すように、衝突物体が、その始点位置37から $\Delta L$ だけ移動して、終点位置37'へ移動する場合において、被衝突物体61との衝突判定を考える。本実施例の衝突判定方法の処理の流れを図21に示す。



23

【0117】最初、上記図19の実施例と同様に、衝突物体用投影面（投影面）41を、移動する衝突物体の終点位置37'に接する位置に設定する（ステップ2101）。さらに、本ステップでは、衝突物体が移動を開始する位置を定義づけるためのクリッピング面41'を、衝突物体の始点位置37に接する位置に設定する。本実施例では、投影面41とクリッピング面41'との間に挟まれる領域を、衝突判定が行なわれる投影領域とする。

【0118】次に、平行投影を行なうための投影方向（視線方向）を設定し（ステップ2102）、奥行き情報記憶メモリ10（図1参照）に格納されている奥行き情報の初期化を実行する（ステップ2103）。

【0119】次に、第1の被衝突物体マスクを生成する。ステップ2104で、被衝突物体61の投影面41に遠い方の面を投影面41に投影し、ステップ2105で、投影された被衝突物体61に基づいて得られた、奥行き情報記憶メモリ10の画素領域毎の奥行き情報（z値）を、被衝突物体マスクNo1として、第1の被衝突物体マスク記憶メモリに格納する。

【0120】次に、第1の衝突物体マスクを生成する。ステップ2106で、奥行き情報記憶メモリ10に格納されているデータの初期化を行った後、ステップ2107で、終点位置にある衝突物体37'の投影面41に近い方の面を投影面41に投影する。さらに、ステップ2108で、投影された衝突物体37'に対応して得られた奥行き情報記憶メモリ10の奥行き情報（z値）を、衝突物体マスクNo1として、第1の衝突物体マスク記憶メモリに格納する。

【0121】ステップ2109では、上記ステップで得られた被衝突物体マスクNo1と衝突物体マスクNo1とを比較し、例えば上記図7の実施例での衝突判定処理と同様な衝突判定処理により、衝突を判定する。ここで、衝突しないと判定された場合は、移動する衝突物体37と被衝突物体61とは衝突しないため、ステップ2118へ進み、判定処理を終了する。

【0122】ステップ2109で衝突ありと判定された場合には、ステップ2110以降へ進み、今度は上記マスクの生成で用いられた視線方向とは逆の方向からの投影処理を行なうことでマスクを生成し、これらマスクを用いて衝突判定を行なう。

【0123】すなわち、ステップ2110で、奥行き情報記憶メモリ10に格納されているデータの初期化を行った後、第2の被衝突物体マスクを生成する。ステップ2111で、被衝突物体61の投影面41に近い方の面を投影面41に投影し、ステップ2112で、投影された被衝突物体61に対応して得られた、奥行き情報記憶メモリ10の画素領域毎の奥行き情報（z値）を、被衝突物体マスクNo2として、第2の被衝突物体マスク記憶メモリに格納する。

24

【0124】次に、第2の被衝突物体マスクを生成する。ステップ2113で、奥行き情報記憶メモリ10に格納されているデータの初期化を行った後、ステップ2114で、始点位置にある衝突物体37の投影面41に遠い方の面を投影面41に投影し、ステップ2115で、投影された衝突物体37に対応して得られた奥行き情報（z値）を、衝突物体マスクNo2として、第2の被衝突物体マスク記憶メモリに格納する。

【0125】ステップ2116では、上記ステップ2109と同様に被衝突物体マスクNo2と衝突物体マスクNo2とを比較し、衝突を判定する。ここで、衝突すると判定された場合は、投影面に対して垂直な2つの視線方向においては、移動する衝突物体37と被衝突物体61とは衝突すると判定でき、ステップ2117へ進み、判定処理を終了する。

【0126】本実施例によれば、投影面を1つだけ用いて、移動する衝突物体と被衝突物体との衝突判定が可能となる。

【0127】次に、本発明による衝突判定方法の他の実施例について、図22を用いて説明する。

【0128】本実施例は、衝突物体あるいは被衝突物体が複数のポリゴンから構成されている場合に、マスク記憶メモリを用いることなく、衝突判定を行なうことが出来る方法である。本実施例の衝突判定方法において、投影面の設定や投影処理は、上記図21の実施例の方法と基本的には同一であるが、衝突判定の処理が異なる。

【0129】本実施例では、上記図21の実施例と同様に、衝突物体が、その始点位置37からΔLだけ移動して、終点位置37'へ移動する場合において、被衝突物体61との衝突判定を考えるものとする（図20参照）。

【0130】本実施例の衝突判定方法の処理の流れの例を、図22（a）、（b）に示す。

【0131】最初に、衝突物体を先に投影する場合について説明する。ここで、ステップ2201～2204の処理は、上記図21の実施例で用いられたものと同様な処理である。

【0132】すなわち、図22（a）の処理の流れに示すように、最初、衝突物体用投影面（投影面）41を、移動する衝突物体の終点位置37'に接する位置に設定し、さらに、衝突物体が移動を開始する位置を定義づけるためのクリッピング面41'を、衝突物体の始点位置37に接する位置に設定する（ステップ2201）。本実施例では、投影面41とクリッピング面41'との間に挟まれる領域を、衝突判定が行なわれる投影領域とする。

【0133】さらに、平行投影を行なうための投影方向（視線方向）を設定し（ステップ2202）、奥行き情報記憶メモリ10に格納されている奥行き情報の初期化

は、終点位置にある衝突物体37の投影面41に近い方の面を投影面41に投影し、投影された衝突物体37に基づいて得られる、画素領域毎の奥行き情報(z値)を奥行き情報記憶メモリ10に格納する。

【0134】ステップ2205では、被衝突物体61を構成するポリゴン毎に、投影面41に遠い方の面を投影面41に投影し、投影されたポリゴンに基づいて得られる、画素領域毎の奥行き情報(z値)を、ステップ2204でデータが書き込まれている奥行き情報記憶メモリ10に書き込んでいく。

【0135】ここで、投影されたポリゴンの奥行き情報を書き込む際には、ステップ2205で得られた画素領域毎のz値が、ステップ2204で得られたz値よりも大きい場合、すなわち、被衝突物体61の遠い面から投影面41までの距離が、衝突物体37の近い面から投影面41までの距離よりも大きい場合にのみ、当該画素領域のz値を書き換え、この書き換え処理を示すフラグを立てる。

【0136】ステップ2206では、全てのポリゴンに対する処理が終了したかどうかを判定する。

【0137】ステップ2207では、ステップ2205で投影されたポリゴンに対する処理において、フラグが立ったかどうかを調べ、フラグが立った場合には、被衝突物体と衝突物体とは、当該ポリゴンにより表された領域において衝突していると判定する。

【0138】ステップ2207で、フラグが立たない場合には、ステップ2205へ戻り、全てのポリゴンについてステップ2205、2206、2207を繰り返し、被衝突物体を構成する全てのポリゴンに対してフラグが立たない場合に限り、衝突なしと判定する。

【0139】被衝突物体を先に投影する場合についても、図22(a)での処理の流れと同様に衝突判定が実行できる。

【0140】すなわち、図22(b)に示すように、衝突物体用投影面(投影面)41を、移動する衝突物体の終点位置37'に接する位置に設定し、さらに、衝突物体が移動を開始する位置を定義づけるためのクリッピング面41'を、衝突物体の始点位置37に接する位置に設定する(ステップ2211)。

【0141】さらに、平行投影を行なうための投影方向(視線方向)を設定し(ステップ2212)、奥行き情報記憶メモリ10に格納されている奥行き情報の初期化を実行する(ステップ2213)。

【0142】ステップ2214では、被衝突物体61の投影面41に遠い方の面を投影面41に投影し、投影された被衝突物体61に基づいて得られる、画素領域毎の奥行き情報(z値)を奥行き情報記憶メモリ10に格納する。

【0143】ステップ2215では、衝突物体37'を構成するポリゴン毎に、投影面41に近い方の面を投影

面41に投影し、投影されたポリゴンの各画素領域毎に得られる奥行き情報(z値)を、ステップ2214でデータが書き込まれている奥行き情報記憶メモリ10に書き込んでいく。

【0144】ここで、投影されたポリゴンの奥行き情報を書き込む際に、ステップ2214で得られたz値が、ステップ2215で得られたz値よりも大きい場合、すなわち、被衝突物体61の遠い面から投影面41までの距離が、衝突物体37の近い面から投影面41までの距離よりも大きい場合にのみ、奥行き情報記憶メモリ10のz値を書き換え、この書き換え処理を示すフラグを立てる。

【0145】ステップ2216では、全てのポリゴンに対する処理が終了したかどうかを判定する。

【0146】ステップ2217では、ステップ2215で投影されたポリゴンに対する処理において、フラグが立ったかどうかを調べ、フラグが立った場合には、当該ポリゴンにより表わされる領域において、衝突物体と被衝突物体とが衝突していると判定する。

【0147】ステップ2217で、フラグが立たない場合には、ステップ2215へ戻り、全てのポリゴンについてステップ2215、2216、2217を繰り返し、被衝突物体を構成する全てのポリゴンに対してフラグが立たない場合に限り、衝突なしと判定する。

【0148】本実施例によれば、マスク記憶メモリを用いることなく、衝突物体あるいは被衝突物体を構成するポリゴン毎に衝突の判定を行なうため、より高速に衝突判定を実行することができる。

【0149】なお、一般的には、被衝突物体の方がポリゴン数が多く、上記2つの処理方法を比較すると、図22(a)に示される処理の処理速度の方が大きい可能性が高い。

【0150】次に、本発明を適用した、VRやゲームのシステムなどのように、操作者が物体をリアルタイムで移動させる場合に用いることができる衝突判定方法の実施例について、いくつか説明する。

【0151】操作者が物体をリアルタイムに移動させる場合、システムにおいて、物体の移動データは離散的にサンプリングされる。操作者に違和感のないリアルタイム環境を実現するシステムの場合、一般的には、サンプリングされるデータの時間間隔は短く、物体は直線運動あるいは同一の回転軸で回転していると近似しても差し支えない。このような近似を用いる場合には、投影面の位置を後述するような方法で選ぶことにより、上記図19の実施例のように、移動過程全てを投影し、衝突判定を行わなくてもよい。

【0152】以後の説明では、物体の移動とは、1サンプリングサイクルに移動する移動量、物体の移動先とは、1サンプリングサイクル後の位置であるとする。投影面の位置の設定方法に関しては、いくつかの方法があ



るのでそれぞれについて、説明する。

【0153】本発明を適用した、衝突物体が平行移動する場合の衝突判定方法の実施例を、図23、図24を用いて説明する。なお、本実施例の処理の流れを示す図23においては、図7の処理の流れと同じ処理については、同じステップ番号を付し、詳細な説明を省略する。

【0154】本実施例の衝突判定方法では、図23に示すように、ステップ25で衝突物体の形状データを入力し、続いて、ステップ141で衝突物体の移動データの10 入力を行う。移動データは、ジョイスティック20、データグローブ21、キーボード22等で構成される各種入力装置19(図1参照)を介して、1サンプリングサイクル毎に入力される。

【0155】次に、入力された移動データをもとに、移動方向ベクトルを算出し(ステップ142)、さらに、衝突物体の移動先の位置を計算する(ステップ143)。

【0156】例えば、図24のように、初期状態(時間  $t_0$ )での衝突物体の位置(始点位置)を152とする。各種入力装置19より、移動速度や移動方向などの移動量が20 入力されたものとする、ステップ142では、入力された移動量に基づき、移動方向ベクトル156が算出される。次に、ステップ143では、座標変換回路9(図1参照)により、衝突物体152の移動後の位置(終点位置151)、すなわち、時間  $t_0$  から1サンプリングサイクル時間後の位置が求められる。

【0157】ステップ144では、移動後の衝突物体151に接し、移動方向ベクトル156に垂直で移動方向先側に位置するように、衝突物体用投影面153を生成する。次に、ステップ27及び29では、この衝突物体用投影面153に衝突物体を投影し、衝突物体マスク  $D_m$  を生成する。なお、これらのステップでは、図7でのステップ27~29の処理が実行されるものとする。以上の処理により得られる、衝突物体マスクの値は、図24に示される領域155のようになる。

【0158】ステップ145では、始点位置の衝突物体152に接し、ステップ142で得られた移動方向ベクトル156に垂直で、移動方向とは逆方向側に位置するように被衝突物体用投影面154を生成する。

【0159】ステップ32及び34では、以上で生成された衝突物体用投影面153及び被衝突物体用投影面154に挟まれる空間に存在する被衝突物体157を、被衝突物体用投影面154に平行投影し、被衝突物体マスク  $D_s$  を生成する。なお、これらのステップでは、図7のステップ32~34の処理が実行されるものとする。以上の処理により得られる被衝突物体マスクの値は、領域158のようになる。

【0160】ステップ35では、生成された被衝突物体マスクの値が0かどうか、すなわち、衝突物体用投影面153と被衝突物体用投影面154とに挟まれる空間に

被衝突物体が存在するかどうかを判定し、存在しない場合には、衝突しないとの判定をする。

【0161】被衝突物体が両投影面の間に存在する場合には、ステップ30へ進み、衝突物体マスク155と被衝突物体マスク158との衝突判定を、上記図7に示された静止状態の実施例での衝突判定と同様に行う。

【0162】図24に示されるような、始点位置152から終点位置151へ移動する衝突物体と被衝突物体157との配置の例では、生成された衝突物体マスクと被衝突物体マスクの関係では、上記数4の関係を満足する領域159が存在する。従って、この場合、衝突物体と被衝突物体は衝突すると判定される。

【0163】図24に示される平行移動の例では、始点位置152及び終点位置151のいずれにおいても、衝突物体と被衝突物体157とは衝突していない。従って、移動を考慮せずに衝突判定を行うと衝突しないと判定される。

【0164】しかし、本実施例のように移動物体の始点と終点との位置を考慮して投影処理を行い、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを生成し、これらマスクを用いて衝突判定を行うことにより、上記のような誤判定はなくなる。

【0165】本実施例によれば、衝突物体が平行移動する場合においても、衝突判定が可能となる。

【0166】次に、衝突物体が回転のみを行う場合の衝突判定方法の実施例について、図25、図26を用いて説明する。ここで、図25は移動物体が回転移動する例(回転平面に対して垂直な視点から見た図)を示し、図26は衝突物体マスクの生成の過程の例を示す。

【0167】衝突物体は、初期状態において図25に示す始点位置161にあり、当該衝突物体と共に回転移動する基準線は、初期状態において168の位置にあるものとする。衝突物体に対する回転移動すべき回転量162が30 入力装置19により入力されると、衝突物体は終点位置163の位置に、その基準線は169の位置に回転移動される。

【0168】ここで、回転移動前の基準線168と、移動後の基準線169との、2つの直線により生成される平面を回転平面とする。図25はこの回転平面に垂直な視点から見た図である。

【0169】本実施例の衝突判定方法は、上記図24の実施例と基本的には同じであるが、衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの生成方法が異なる。以下では、衝突物体が回転する場合に適用できるマスクの生成方法の例を説明する。

【0170】衝突物体マスクの生成方法を説明する。

【0171】最初、上記回転平面に垂直で、始点位置161にある移動前の衝突物体、及び終点位置163にある移動後の衝突物体のどちらも切断せず、始点位置161あるいは終点位置163に接するように、衝突物体用

投影面164を生成する。

【0172】この衝突物体用投影面164を用いて、始点位置161にある回転前の衝突物体を視線方向165へ平行投影する。平行投影により生成された奥行き情報 $z$ の値は、図26に示す領域171となる。続けて、終点位置163にある回転後の衝突物体を、同じように、衝突物体用投影面164へ視線方向165に沿って投影する。投影された図形の奥行き情報 $z$ の値は、領域172となる。

【0173】ここで、回転前の衝突物体よりも近い位置にある画素領域の奥行き情報 $z$ だけを、奥行き情報記憶メモリ10の画素領域毎に書き換えらるものとする、奥行き情報記憶メモリ10に記憶される奥行き情報として、領域173が構成される。これにより、回転前と後で衝突物体用投影面164に一番近い奥行き情報の値から構成される衝突物体マスクが生成される。これが、回転時の衝突物体マスク $D_m$ となる。

【0174】次に、被衝突物体マスクの生成方法を説明する。

【0175】最初、衝突物体用投影面164に平行で、かつ、始点位置161にある移動前の衝突物体、及び終点位置163にある移動後の衝突物体のどちらも切断せず、始点位置161あるいは終点位置163にある衝突物体に接するように、被衝突物体用投影面166を生成する。

【0176】生成された衝突物体用投影面164と被衝突物体用投影面166とに挟まれる空間に存在する被衝突物体を、被衝突物体用投影面166へ平行投影し、静止状態の場合と同様な手法で被衝突物体マスク $D_s$ を生成する。

【0177】以上のようにして、生成された衝突物体マスクと被衝突物体マスクとを用いて、静止状態の場合と同様に衝突判定を行うことにより、回転する衝突物体に対して衝突判定を行なうことが出来る。

【0178】本実施例によれば、衝突物体が回転する場合においても、衝突判定が可能となる。

【0179】また、本実施例のように衝突物体を回転移動する場合には、衝突物体マスクと被衝突物体マスクとを1対だけを用いると、衝突判定が正しく行われず、実際には衝突しない場合でも、衝突すると誤判定する場合がある。

【0180】例えば、図25のように衝突物体用投影面164の投影方向が165の一方方向である場合、衝突物体用投影面164から見える部分については正しく判定されるが、領域170のように見えない部分に被衝突物体がある場合でも、上記1方向からの投影では「衝突する」と誤判定する。

【0181】これは衝突物体を平行移動する場合、移動後の衝突物体が移動前の衝突物体よりも後ろにくることはないが、回転移動の場合には起こりうるためである。

【0182】そこで、例えば、図17の実施例のように、複数の視線方向から見たマスクを利用する構成としても良い。すなわち、衝突物体用投影面164へ視線方向165に沿って衝突物体を投影して、上記と同様に回転する衝突物体に対する第1の衝突物体マスクを生成した後で、さらに、新たな衝突物体用投影面として投影面166を設定し、この投影面166に対して回転する衝突物体を視線方向167の方向に投影して、第2の衝突物体マスクを生成し、これら第1および第2の衝突物体マスクを用いて、衝突判定を行なう。

【0183】このような構成によれば、回転移動する衝突物体の場合においての、衝突判定の精度を向上させ、誤判定を少なくすることができる。

【0184】次に、衝突物体が平行移動及び回転移動を行う場合における、衝突判定方法の実施例について、図27、図28を用いて説明する。

【0185】本実施例では、予め設定した1サンプリングサイクルに一度、各種入力装置19を通して、衝突物体の平行移動速度および回転速度等の移動情報を併せて入力する。したがって、一般的に、回転してから平行移動するのか、あるいは平行移動してから回転しているのかについての情報を得ることは難しい。

【0186】例えば、図27に示すように、任意のサンプリングサイクルの初期状態において、衝突物体が始点位置180に位置し、移動後には終点位置184へ移動するものとする。すると、1サンプリングサイクルに1度しか移動情報をサンプリングしないため、始点位置180と終点位置184との間における、衝突物体の詳細な移動過程はわからない。

【0187】このため、始点位置180から方向185に沿って平行移動して位置183へ移動し、その場で回転して終点位置184へ移動したとも考えられるし、また、始点位置180の位置で回転して、位置181に移動し、その後で終点位置184へ方向185に沿って平行移動したとも考えられる。さらに、微少な平行移動や回転移動を繰り返すなどの、その他の移動過程も考えられる。

【0188】したがって、衝突物体の全ての移動過程について考慮するのは困難である。そこで、本実施例では、平行移動及び回転移動の両方を考慮して衝突判定する。具体的には、以上のような衝突物体の移動状態の場合でも用いることができる衝突物体マスクの生成する。

【0189】なお、本実施例で想定する衝突物体の移動過程は、実際の移動過程とは必ず一致することにはならず、このため、衝突しないのに衝突したと判定される場合も生じるがこれはやむをえないとする。

【0190】本実施例の衝突物体マスクの生成方法を説明する。

【0191】衝突物体用投影面188は、図27に示すように、上述した衝突物体が平行移動する場合と同様

に、平行移動方向ベクトル 185 に垂直で、衝突物体の終点位置 184 において、移動物体の回転の無い状態での位置 183、及び回転のある状態の位置（終点位置 184）にある衝突物体の形状を切断せず、かつ、位置 183 あるいは 184 に接するように設定する。

【0192】この衝突物体用投影面 188 に、位置 184 及び 183 にある衝突物体を投影する。これは、位置 183 及び 184 が、衝突物体が終点位置 184 の近傍で占有する可能性のある領域であり、この二つを用いて衝突物体マスクを用いることにより、二つの状態での衝突判定が可能となるためである。

【0193】このとき生成される衝突物体マスクは、図 28 に示すようになる。本図において、衝突物体が位置 183 にあるとして生成された奥行き情報の値が領域 193、衝突物体が位置 184 にあるとして生成された奥行き情報の値が領域 195 であり、この二つの領域を重ね合わせた、図中太い実線で囲まれた領域が、最終的に得られる衝突物体マスク 194 となる。

【0194】被衝突物体マスクは、衝突物体の初期状態で回転する可能性を考慮して、始点位置 180 あるいは始点位置 180 で回転した場合の位置 181 のいずれかに接する位置 189 に、被衝突物体用投影面 189 を置き、さらに、衝突物体用投影面 188 と被衝突物体用投影面 189 との間に挟まれる空間に存在する被衝突物体を投影して生成する。

【0195】生成された衝突物体マスクと被衝突物体マスクとを用いての衝突判定は、上述した静止状態での衝突判定方法と同じ方法により実行することができる。 \*

$$|mx| > mth \text{ or } |my| > mth \text{ or } |mz| > mth \\ \text{or } |rx| > rth \text{ or } |ry| > rth \text{ or } |rz| > rth \quad (\text{数 } 6)$$

上記数 6 が成立する場合、すなわち”真”であれば、移動の自由度の 6 軸のなかで、少なくとも 1 軸は動いていることを意味する。したがって、衝突物体は移動していると判定する。また、上記数 6 が成り立たず、”偽”であれば、移動物体は静止していると判定する。

【0202】”偽”の場合には、ステップ 214 へ進 ※

$$|mx| \leq mth \text{ and } |my| \leq mth \text{ and } |mz| \leq mth \quad (\text{数 } 7)$$

上記数 7 が成立し、”真”であれば衝突物体は平行移動を行っていないと判定でき、従って、回転運動のみを行っているとして判定する。回転のみを行っているとして判定された場合には、ステップ 215 へ進み、例えば図 25 の実施例で用いられたような、衝突物体が回転だけする場合におけるマスクの生成方法により、衝突物体マスクおよび被衝突物体マスクを生成する。

$$|rx| \leq rth \text{ and } |ry| \leq rth \text{ and } |rz| \leq rth \quad (\text{数 } 8)$$

上記数 8 が成立し、”真”であれば衝突物体は回転しておらず、従って、衝突物体は平行移動のみを行っているとして判定する。平行移動のみを行っているとして判定された場合には、ステップ 216 へ進み、例えば図 23 の実施例で用いられたような、衝突物体が平行移動のみを行っている場合におけるマスクの生成方法により、衝突物体マ

\* 【0196】本実施例によれば、平行移動及び回転移動を行なう状態にある衝突物体に対して衝突判定を行うことができる。

【0197】次に、本発明による衝突判定方法において、衝突物体の移動情報に応じて、衝突物体マスクおよび被衝突物体マスクの生成方法を切り替えることができる、衝突判定方法の実施例について、図 29 を用いて説明する。

【0198】上述したいくつかの衝突判定方法の実施例で示したように、衝突物体の移動状態により、それぞれに適したマスクの生成方法がある。したがって、静止状態も含めた、衝突物体の移動形態に応じて、マスクの生成方法を選択することにより、より精度の高い衝突判定を行うことができる。

【0199】本実施例におけるマスクの生成方法の選択処理では、図 29 に示すように、ステップ 210 で、衝突物体の移動情報を入力し、衝突物体の移動形態を判定する。例えば、入力される情報が、1 サンプルサイクルの移動量であり、その自由度は 6 軸とする。さらに、平行移動を (mx, my, mz)、回転移動を (rx, ry, rz) とする。また、mth を、平行移動しているか静止しているかの閾値、rth を、回転しているか静止しているかの閾値とする。

【0200】ステップ 211 では、以下の式を用いて、衝突物体が移動しているか、静止しているかの判定を行う。

【0201】

※み、例えば図 7 の実施例で用いられたような、静止状態でのマスクの生成方法によりマスクを生成する。

【0203】一方、移動していると判定された場合には、ステップ 212 へ進み、この衝突物体の移動が回転移動のみかどうかを、以下の式により判定する。

【0204】

★被衝突物体マスクを生成する。

【0205】一方、上記数 7 が成り立たず、”偽”と判定された場合には、ステップ 213 へ進み、衝突物体の移動が平行移動だけによるものかどうかを、以下の式を用いて判定する。

【0206】

スクおよび被衝突物体マスクを生成する。

【0207】ステップ 213 で、上記数 8 が成り立たず、”偽”と判定された場合には、平行移動及び回転のどちらも行っていると判定する。この場合には、ステップ 217 へ進み、例えば図 27 の実施例で用いられたような、平行移動及び回転移動する場合のマスクの生成方

法により、衝突物体マスクおよび被衝突物体マスクを生成する。

【0208】ステップ218では、上記したステップ214、215、216、及び217のいずれかで、衝突物体の移動形態に応じた条件の下でつくられた、衝突物体マスクと被衝突物体マスクとが比較され、上述した例えば図7の実施例のステップ35、36での処理と同様な処理により衝突判定が行なわれる。

【0209】最後に、ステップ219では、得られた判定結果を出力する。

【0210】本実施例によれば、衝突物体の移動形態に応じて適切なマスクの生成方法を選択できるので、より精度のよい衝突判定ができる。

【0211】さらに、本実施例によれば、衝突物体の移動形態を特定するため、ある移動形態に特有な処理を省くことができ、その結果、より高速にマスクを生成することができる。

【0212】次に、衝突物体が直線掃引体の場合に用いることができる衝突判定方法の実施例について説明する。ここで、直線掃引体とは、パイプ、角材、直線状に張られたロープ等のように、ある直線に沿って、ある図形を掃引した場合に生成される図形を指す。

【0213】最初に、衝突物体が直線掃引体の場合におけるマスクの生成方法を、図30を用いて説明する。

【0214】衝突物体が、直線掃引体の一例としてのパイプ221である場合、図30に示すように、その一方の端面に衝突物体用投影面222を置き、図中矢印で示される投影方向へ投影する。この投影処理により、パイプ221の側面に衝突する、被衝突物体をすべて見ることが出来る。

【0215】より具体的には、図31に示すように、パイプ221の中心軸234に垂直で、パイプ221の一端に接するように衝突物体用投影面222を設定し、この衝突物体用投影面222を用いて、衝突物体マスクを生成する。さらに、被衝突物体用投影面223を、パイプ221の、衝突物体投影面222を配置した反対側の一端に接するように配置する。この被衝突物体用投影面223に被衝突物体を投影し被衝突物体マスクを生成する。

【0216】本実施例での衝突判定の方法について説明する。例えば、図32に示すように、被衝突物体241がパイプ221に衝突している場合を考える。このとき、被衝突物体用投影面223から衝突物体用投影面222を見ると、図33に示すように、被衝突物体241がパイプ221に衝突し、その中に侵入する様子が映る。ここで、円251は、被衝突物体用投影面223から見た場合のパイプ221の投影図形である。なお、実際にマスクを生成する場合には、被衝突物体用投影面に衝突物体であるパイプ221は投影しない。

【0217】上記のような投影面222、223を用い

ることで、図34に示されるような、衝突物体マスク261及び被衝突物体マスク263が生成される。

【0218】本実施例の場合には、衝突物体マスク261と被衝突物体マスク263が262で重なっていることが、各マスクの奥行き情報から判明し、衝突点を特定することができる。

【0219】本実施例によれば、直線掃引体の形状特性に応じたマスクの生成方法を用いるため、より精度良く効率的にマスクを生成することができ、さらに、精度良く効率的衝突判定ができる。

【0220】次に、本発明による衝突判定方法において、衝突物体の形状に応じて、マスクの生成方法を切り替えることができる衝突判定方法の実施例を、図35を用いて説明する。

【0221】本実施例におけるマスクの生成方法の選択処理では、例えば、衝突物体形状メモリ6（図1参照）から衝突物体の形状データを読み出す際に、衝突物体の形状が直線掃引体であるかどうかを判定する（ステップ271）。衝突物体が直線掃引体であるかの情報は、例えば形状入力時に形状情報の一部にフラグを立てておき、これを検出することにより、判定することができる。

【0222】衝突物体が直線掃引体であれば、ステップ272へ進み、上述した直線掃引体の場合のマスクの生成方法により、衝突物体マスクおよび被衝突物体マスクを生成する。

【0223】衝突物体が、直線掃引体以外の形状である場合には、ステップ237へ進み、例えば図7の実施例で説明したような、マスクの生成方法により、衝突物体マスクと被衝突物体マスクとを生成する。

【0224】また、ステップ273において、例えば図29の実施例で説明したように、衝突物体の移動形態に応じて、マスクの生成方法を切り換える構成としても良い。

【0225】最後に、ステップ274で、上記ステップ272あるいは273で生成した衝突物体マスク及び被衝突物体マスクを比較し、衝突判定が行なわれ、ステップ275で判定結果を出力する。

【0226】本実施例によれば、衝突物体の形状に応じて、マスクの生成方法を切り替えることにより、より効率的に衝突判定を実行できる。

【0227】次に、本発明を適用した衝突判定方法における、判定結果の表示方法の例をいくつか説明する。

【0228】衝突判定結果の表示においては、衝突物体と被衝突物体との衝突状態あるいは被衝突状態が明確に示されれば良く、以下に説明する様々な方法で表示することが出来る。

【0229】衝突判定結果は、例えば図36に示すように、判定対象となる衝突物体361と被衝突物体362とをグラフィック画像で表示し、衝突すると判定された

場合には、例えば図形 363 のような衝突したことを示す所定の図形を、衝突している領域の位置に対応して表示する。より具体的には、所定の方法で設定された衝突領域の代表点を中心に半透明の球を描くか、または、線画で球を描くようにする。

【0230】また、衝突物体及び被衝突物体を表示する代わりに、いずれか一方のマスク 371 を、例えば図 37 のように示し、衝突すると判定された場合には、衝突領域の代表点 373 を中心として半透明の球または円等の図形 363 を生成して、表示する。なお、代表点 373 としては、例えば、衝突物体マスクと被衝突物体マスクとを画素領域毎に比較する場合のスキャン方向 372 において、最初に、見つけられた衝突点を用いることが出来る。

【0231】また、衝突物体及び被衝突物体を、例えば図 15 に示すように表示し、衝突して減り込んでいる領域が明確になるように、一方の物体あるいは両方の物体を半透明として表示したり、またはワイヤーフレーム表示を用いる。また、同図に示すように、衝突物体マスクおよび被衝突物体マスクを表示する場合でも、同様に、一方のマスクあるいは両方のマスクを、半透明として表示したり、ワイヤーフレーム表示により表示することで、衝突領域を明確にすることが可能となる。

【0232】次に、衝突して減り込んでいる領域の奥行き情報を用いて、衝突領域と減り込みの量とを併せて表示する例について、図 38、図 39、図 40 を用いて説明する。

【0233】本例では、図 39 に示すような処理の流れに沿って表示を行う。すなわち、衝突ありと判定された場合（ステップ 391）には、ステップ 392 で、衝突領域と判定された領域において、マスク 381 の画素領域 382 の大きさを上面あるいは底面とし（図 38

（a）参照）、 $(Ds(n, m) - Dm(n, m))$  を長さとする直方体 382a を画素領域ごとに生成する（図 38

（b）参照）。ここで、 $Ds$  は被衝突物体から投影面 383 までの画素領域毎の距離であり、 $Dm$  は衝突物体から投影面までの画素領域毎の距離である。また、 $W1$ 、 $W2$  は画素領域の幅を示している。

【0234】次に、ステップ 393 で、生成した各直方体を、図 38（b）に示すように、衝突物体投影面 383 から  $Dm(n, m)$  だけ離れた位置に配置する。

【0235】最後に、ステップ 394 で、図 40 に示すように、衝突物体 401 を半透明で表示し、被衝突物体 402 と、衝突領域 403 に配置された上記直方体とを重ねて表示する。なお、直方体の表示に際しては、衝突物体あるいは被衝突物体と異なる色を用いて表示したり、点滅させる構成としても良い。また、処理を高速化するために、2つの直方体が互いに接している面などの、重なりあう平面を描かないようにする構成としても良い。

【0236】本例の衝突判定結果の表示方法によれば、衝突した領域を操作者に明確に示すことができる。

【0237】本例では、衝突物体を半透明で表示するとしたが、衝突物体あるいは両物体を半透明あるいはワイヤーフレーム表示により表示する構成としても良い。

【0238】次に、衝突して減り込んでいる領域の奥行き情報を用いて、衝突領域と減り込みの量とを併せて表示する他の例について、図 41、図 42、図 43 を用いて説明する。

10 【0239】本例では、図 42 に示すような処理の流れに沿って表示を行う。すなわち、衝突ありと判定された場合（ステップ 411）には、ステップ 412 で、衝突領域と判定された領域において、周知のラベル付け処理及び輪郭抽出処理を実行し、マスク 381 上の衝突領域 382 をグループ分けする（図 42（a）参照）。

20 【0240】次に、ステップ 413 で、輪郭線内の画素領域に対応する衝突物体マスク及び被衝突物体マスクでの値を頂点 421 とする多面体を生成して、それを上面及び下面とする。ここで、頂点 421 の位置は、各画素領域の中心点としている。さらに、ステップ 414 で、輪郭線を頂点とする側面のパッチを生成する。

【0241】以上のようにして、図 42（a）の上面図、図 42（b）の側面図に表わされるような  $Ds(n, m)$  及び  $Dm(n, m)$  を頂点とする多面体が生成される。なお、衝突領域が複数ある場合には、各領域ごとに多面体を生成する構成とする。

30 【0242】最後に、ステップ 415 で、図 40 の例と同様に、衝突物体を半透明で表示し、被衝突物体と、衝突領域上に生成された多面体とを重ねて表示し、減り込み領域を示す。

【0243】本例の衝突判定結果の表示方法によれば、衝突領域の減り込みの程度に応じて形状が生成された多面体を用いて、衝突物体と被衝突物体とが衝突した領域を操作者に明確に示すことができる。

40 【0244】上述したいくつかの実施例によれば、通常の図形処理で行なわれる座標変換処理及び投影処理を利用することにより衝突判定ができるので、座標変換処理、投影処理を実行する IC を含んで衝突判定装置の図形演算処理部を構成することで、より高速に衝突判定ができるといった効果がある。

【0245】さらに、上述した実施例によれば、投影面を増やすことにより複雑な形状でも衝突判定ができると共に、投影処理ができる形状であれば、いかなる形状であれ全て同様な方法で衝突判定ができるので、衝突判定方法に用いるアルゴリズムの単純化が可能となるといった効果もある。

【0246】

50 【発明の効果】本発明によれば、静止状態あるいは移動状態にある、物体と物体との衝突判定を行なうことができる衝突判定方法及び装置を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による衝突判定装置の一実施例の構成を示すブロック図。

【図2】本発明による衝突判定方法の一実施例における処理の流れを示すチャート図。

【図3】衝突物体マスクの生成方法を示す説明図。

【図4】被衝突物体マスクの生成方法を示す説明図。

【図5】衝突しない場合の衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの関係を示す説明図。

【図6】衝突する場合の衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの関係を示す説明図。

【図7】衝突判定方法の他の実施例における処理の流れを示すチャート図。

【図8】衝突物体の形状例を示す正面図、側面図、及び上面図。

【図9】衝突物体用投影面への投影方法、及び衝突物体マスクの生成方法を示すための説明図。

【図10】被衝突物体用投影面への投影方法、及び被衝突物体マスクの生成方法を示すための説明図。

【図11】被衝突物体の形状例を示す正面図、側面図、及び上面図。

【図12】衝突物体マスクでの奥行き情報（距離）を示す説明図。

【図13】被衝突物体マスクでの奥行き情報（距離）を示す説明図。

【図14】衝突しない場合の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの関係を示す説明図。

【図15】衝突する場合の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの関係を示す説明図。

【図16】図16（a）：衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面とを衝突物体に接しないように生成した場合の投影面の位置関係を示す説明図。

図16（b）：衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面とを衝突物体に接するように生成した場合の投影面の位置関係を示す説明図。

【図17】衝突しない場合の衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの関係を示す説明図。

【図18】衝突する場合の衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの関係を示す説明図。

【図19】衝突物体が移動する場合の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの生成方法の一例を示す説明図。

【図20】衝突する場合での衝突物体マスクと被衝突物体マスクとの関係を示す説明図。

【図21】衝突判定方法の他の実施例における処理の流れを示すチャート図。

【図22】図22（a）：衝突判定方法の他の実施例における処理の流れを示すチャート図。

図22（b）：衝突判定方法の他の実施例における処理の流れを示すチャート図。

【図23】衝突物体が平行移動する場合の衝突判定方法における処理の流れを示すチャート図。

【図24】平行移動時のマスクの生成方法及び衝突判定方法の一例を示す説明図。

【図25】衝突物体が回転する場合の投影面の設定方法を示す説明図。

【図26】衝突物体が回転する場合のマスクの生成方法を示す説明図。

【図27】衝突物体が移動及び回転する場合での投影面の設定方法を示す説明図。

【図28】終点方向に衝突物体用投影面を置いた場合の衝突物体マスクの生成方法を示す説明図。

【図29】入力情報によりマスクの生成方法の切り替える場合の衝突判定方法における処理の流れを示すチャート図。

【図30】直線掃引体の場合のマスクの生成方法を示す説明図。

【図31】直線掃引体の場合での投影面の設定方法を示す説明図。

【図32】直線掃引体の場合での衝突判定方法を示す説明図。

【図33】被衝突物体用投影面から見た衝突物体を示す説明図。

【図34】直線掃引体の場合の衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの関係を示す説明図。

【図35】衝突物体の形状によりマスクの生成方法を切り換える場合の衝突判定方法における処理の流れを示すチャート図。

【図36】衝突領域の表示の例を示す説明図。

【図37】衝突領域の表示の他の例を示す説明図。

【図38】図38（a）：衝突領域の表示の他の例を示す説明図。

図38（b）：衝突領域の表示の他の例を示す説明図。

【図39】衝突領域の表示における処理の流れを示すチャート図。

【図40】衝突領域の表示の他の例を示す説明図。

【図41】衝突領域の表示における処理の流れを示すチャート図。

【図42】図42（a）：衝突領域の表示の他の例を示す説明図。

図42（b）：衝突領域の表示の他の例を示す説明図。

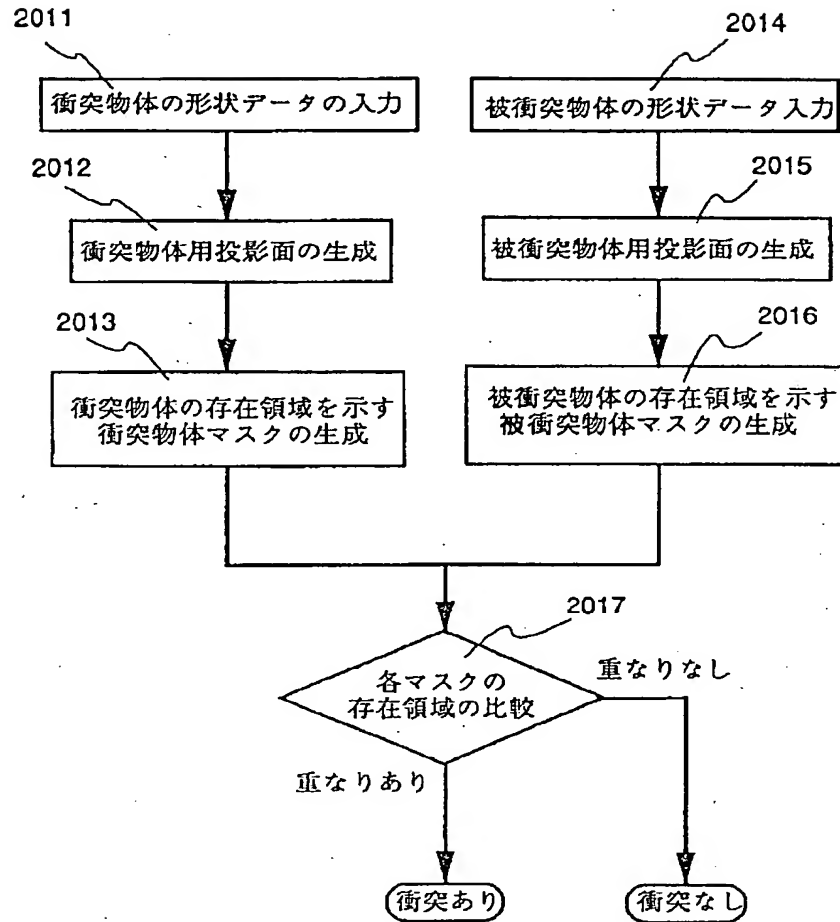
## 【符号の説明】

1：制御用CPU、2：衝突判定方法、3：各種入出力装置の制御方法、6：衝突物体形状メモリ、7：被衝突物体形状メモリ、9：座標変換回路、10：投影回路、11：奥行き情報記憶メモリ、15：衝突物体マスク記憶メモリ、13：被衝突物体マスク記憶メモリ、14：被衝突物体識別メモリ、23：マスクメモリ群。



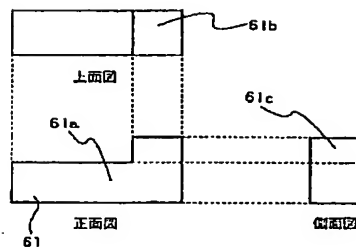
【図 2】

衝突判定方法の処理の流れ (図 2)



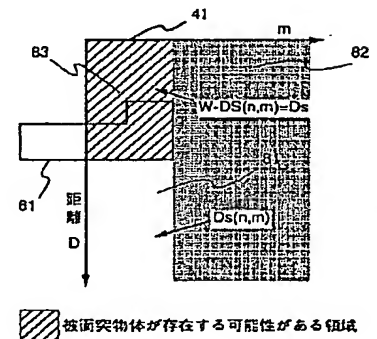
【図 11】

被衝突物体の形状例 (図 11)



【図 13】

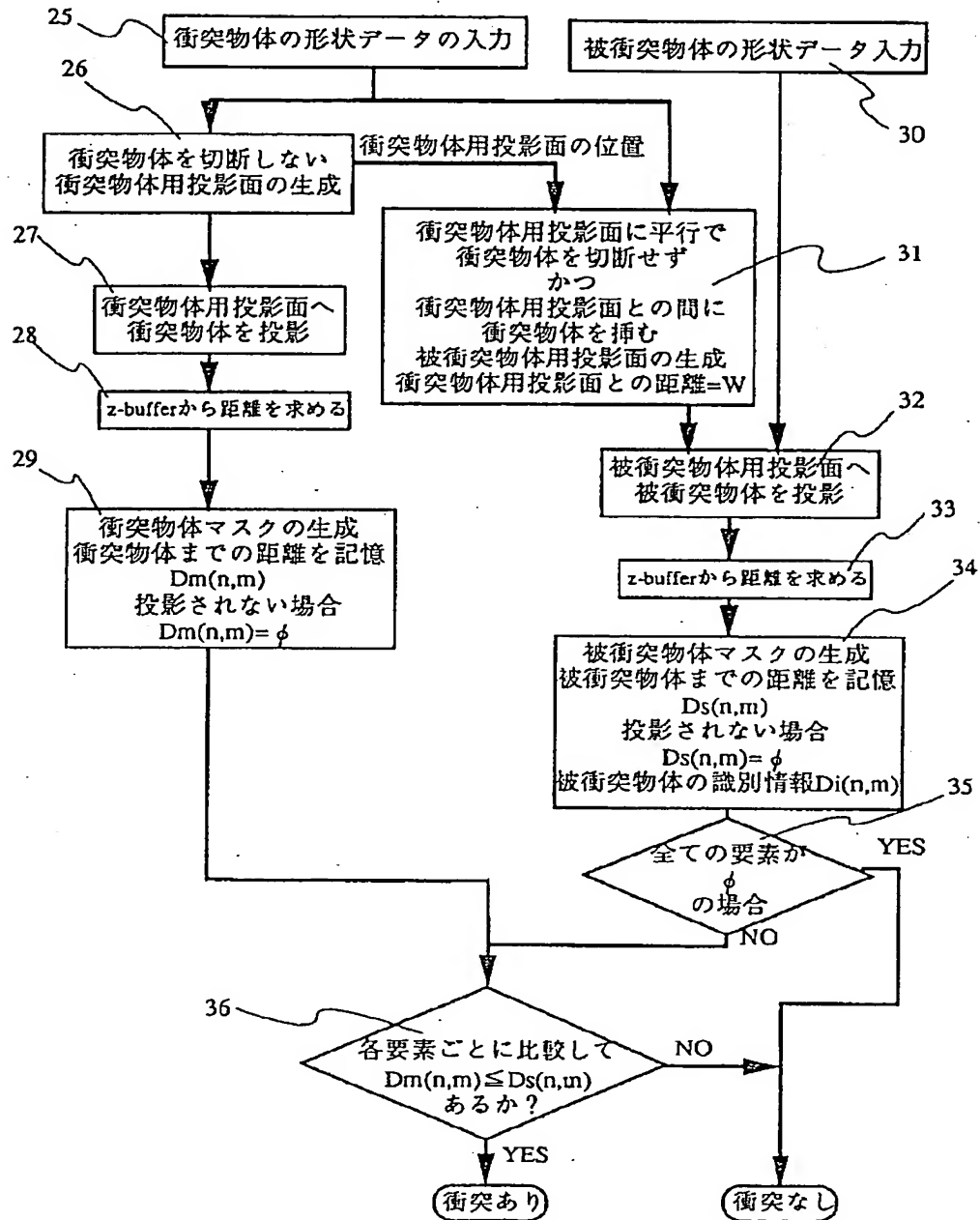
被衝突物体マスク (図 13)





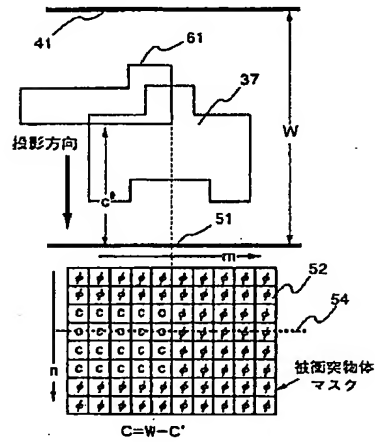
【図7】

衝突判定方法の処理の流れ (図7)



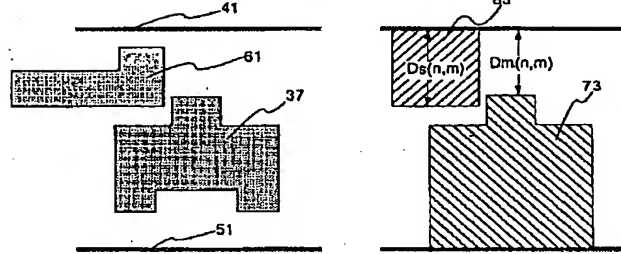
【図10】

被衝突物体用投影面への投影 (図10)



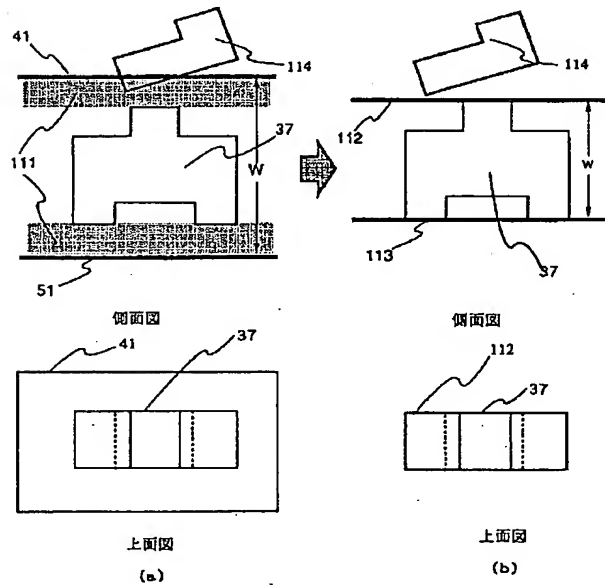
【図14】

衝突物体と被衝突物体が衝突しない例 (図14)



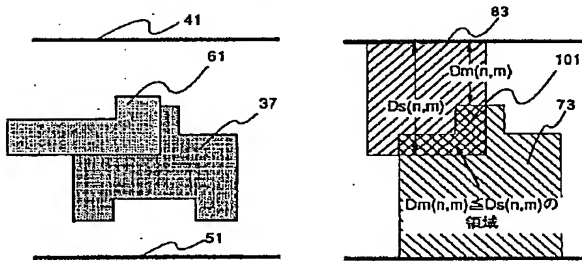
【図16】

衝突物体用投影面と被衝突物体用投影面を衝突物体に接するように生成した場合の実施例 (図16)



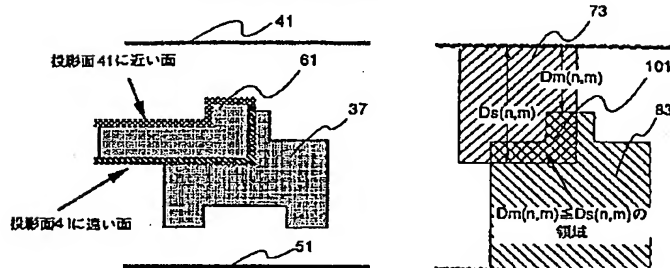
【図15】

衝突物体と被衝突物体が衝突する例 (図15)



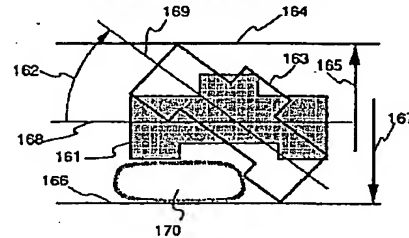
【図18】

衝突物体と被衝突物体が衝突する例 (図18)

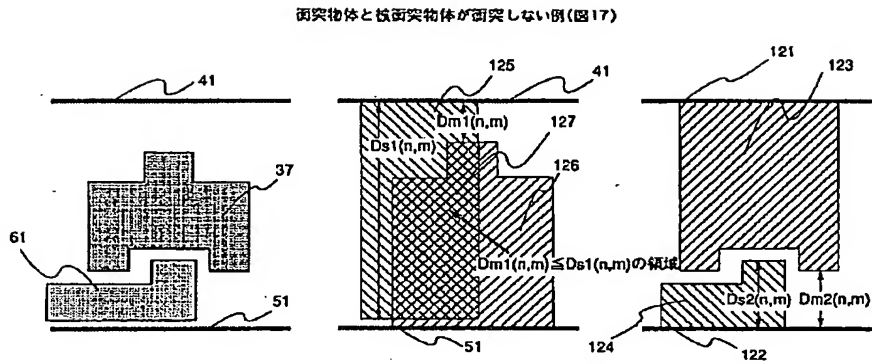


【図25】

衝突物体が回転する場合 (図25)

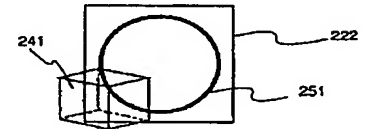


【図17】

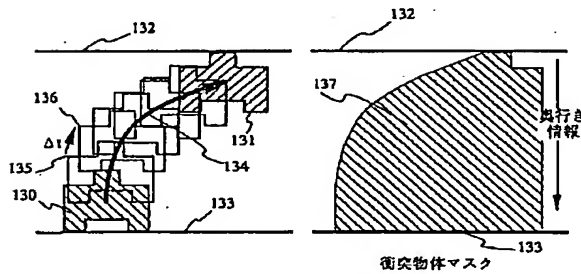


【図33】

被衝突物体用投影面から見た衝突物体(図33)

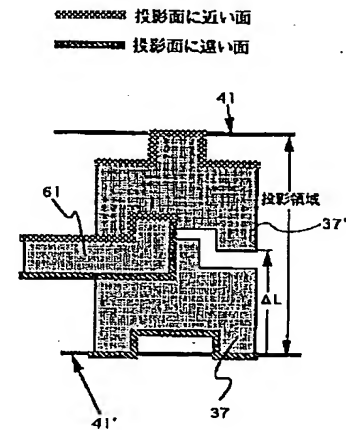


【図19】

衝突物体が移動する場合の  
衝突物体マスク及び被衝突物体マスクの生成方法(図19)

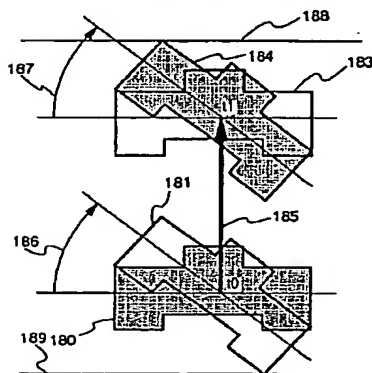
【図20】

衝突物体と被衝突物体とが衝突する例(図20)



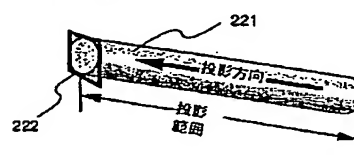
【図27】

衝突物体が移動及び回転する場合(図27)

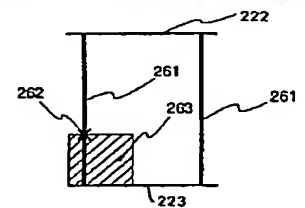


【図30】

直線掃引法でのマスクの生成方法(図30) 衝突物体マスク及び被衝突物体マスク(図34)

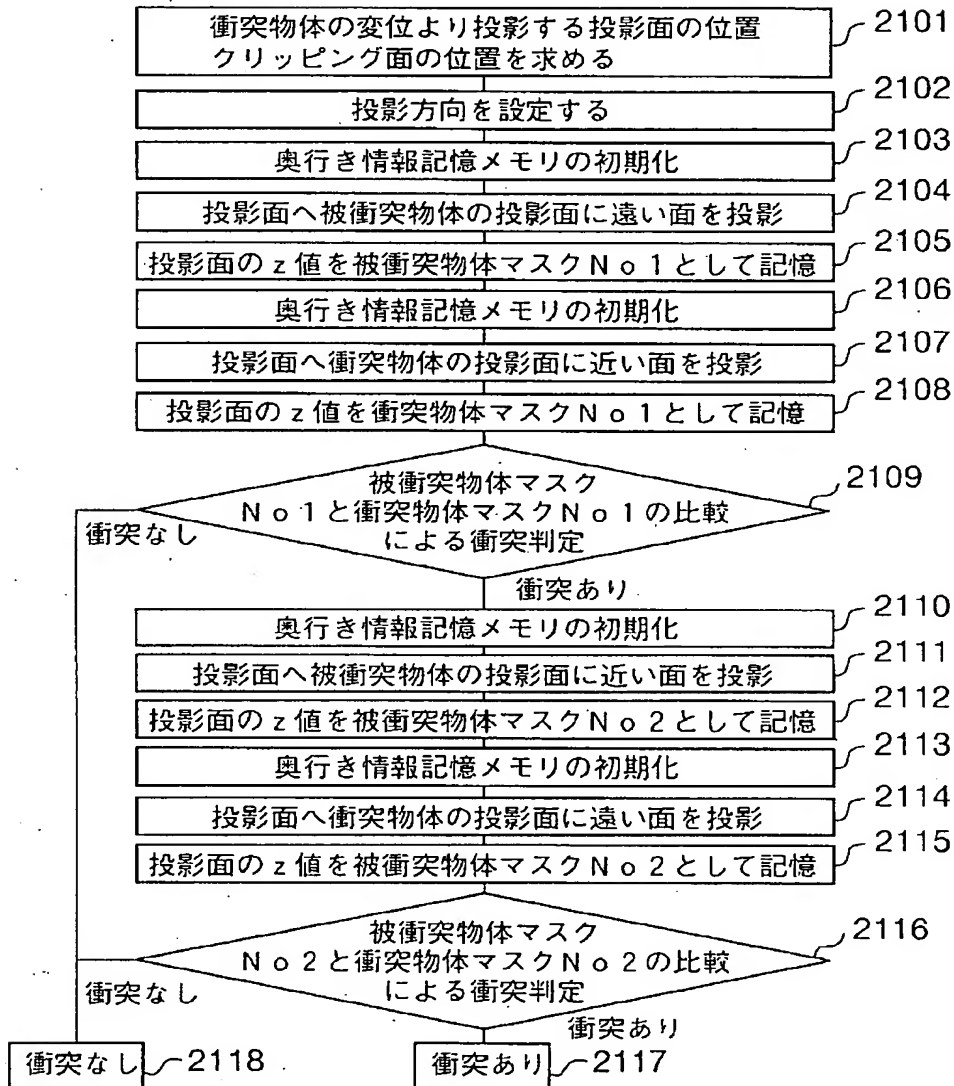


【図34】



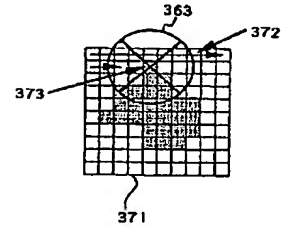
【図 21】

衝突物体が移動する場合の衝突判定方法での処理の流れ (図 21)



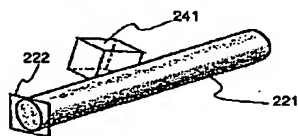
【図 37】

衝突領域の表示例 (図 37)



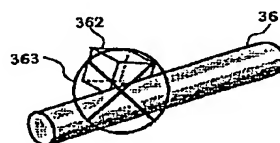
【図 32】

直線掃引体の衝突判定の例 (図 32)



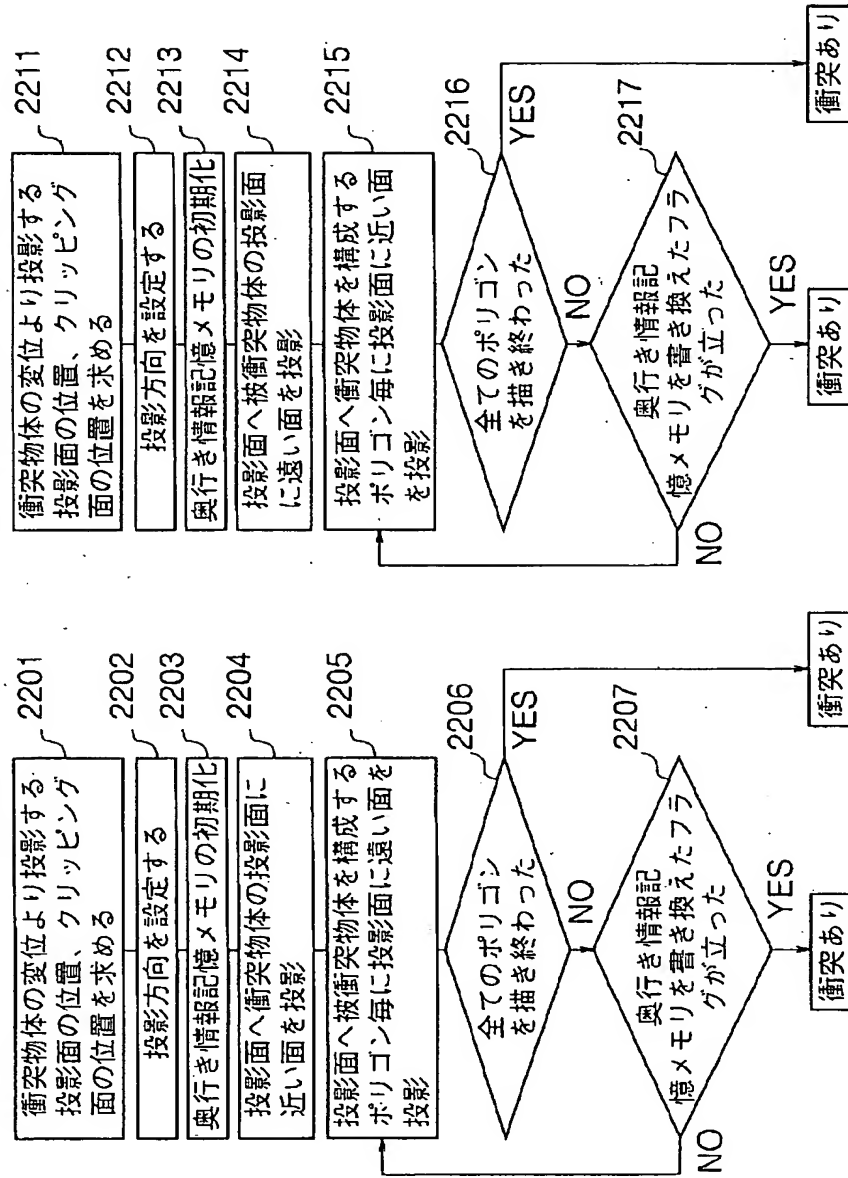
【図 36】

衝突領域の表示例 (図 36)



【図22】

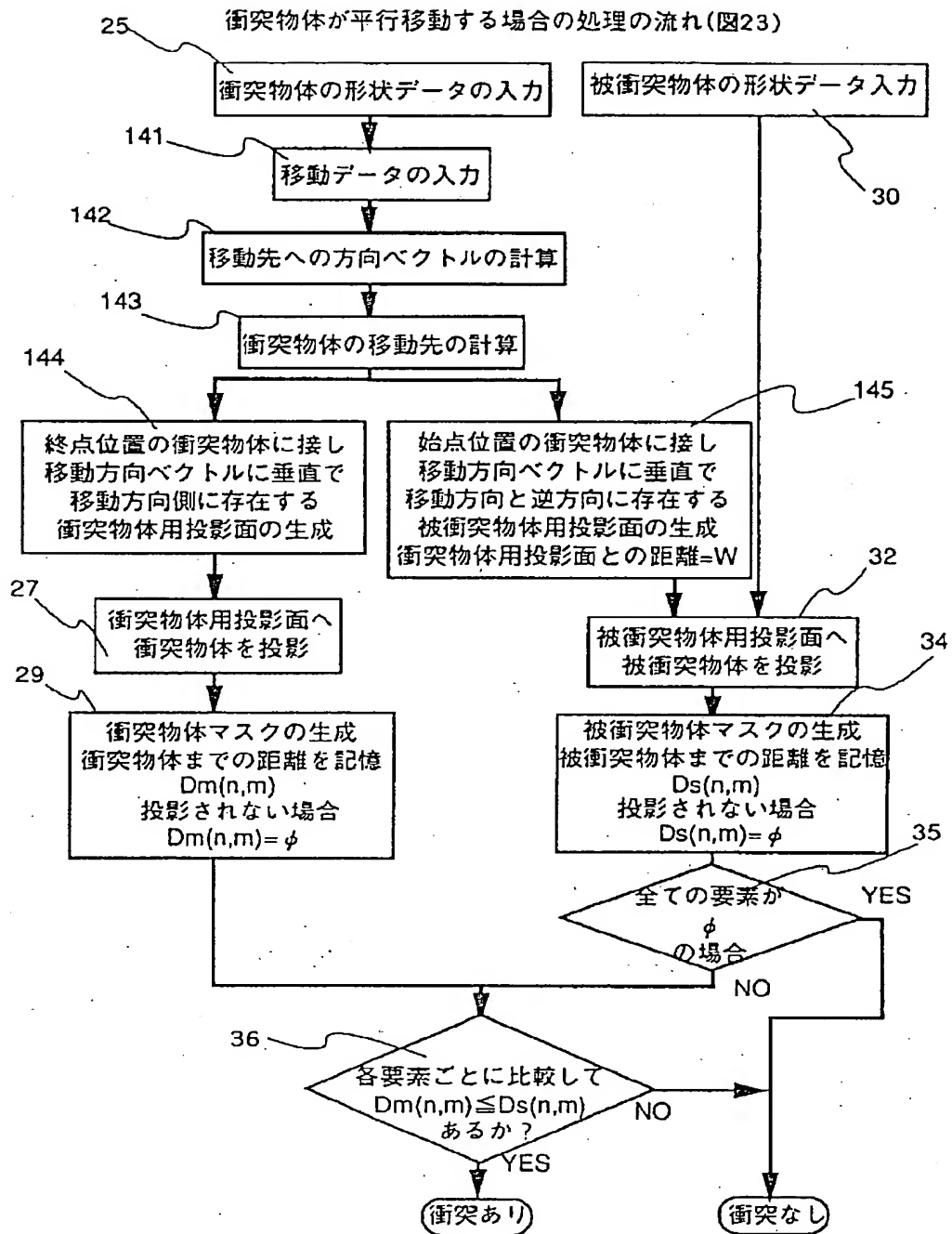
ポリゴン毎に衝突判定を行う場合の流れ(図22)



(a) 衝突物体を先に投影

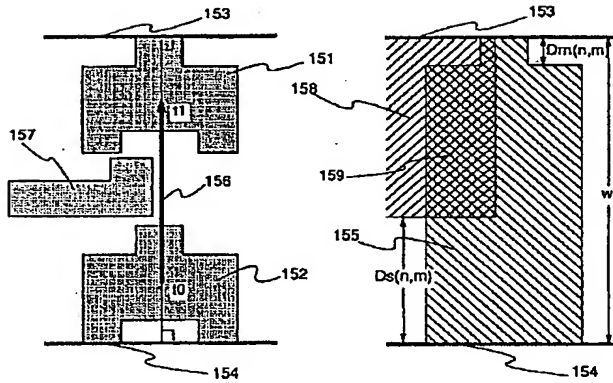
(b) 被衝突物体を先に投影

【図 23】



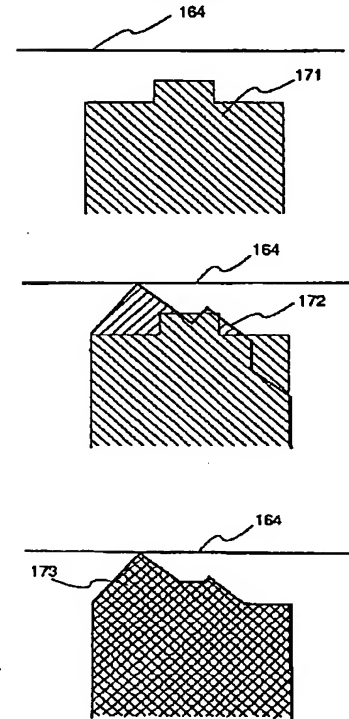
【図24】

衝突判定のようすを示す説明図(図24)



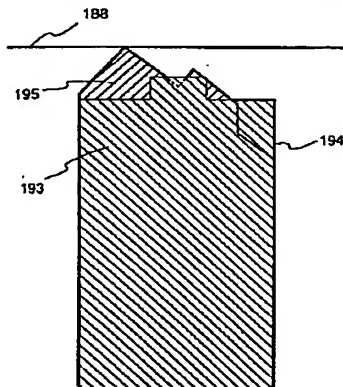
【図26】

回転する場合の衝突物体マスクの生成(図26)



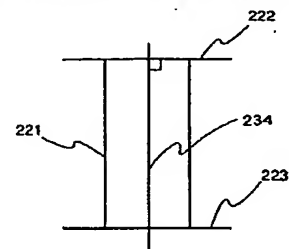
【図28】

終点方向に衝突物体用投影面を置いたときの衝突物体マスク(図28)



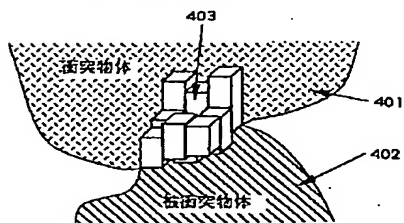
【図31】

直線掃引体の衝突判定を行う場合の各投影面の位置(図31)



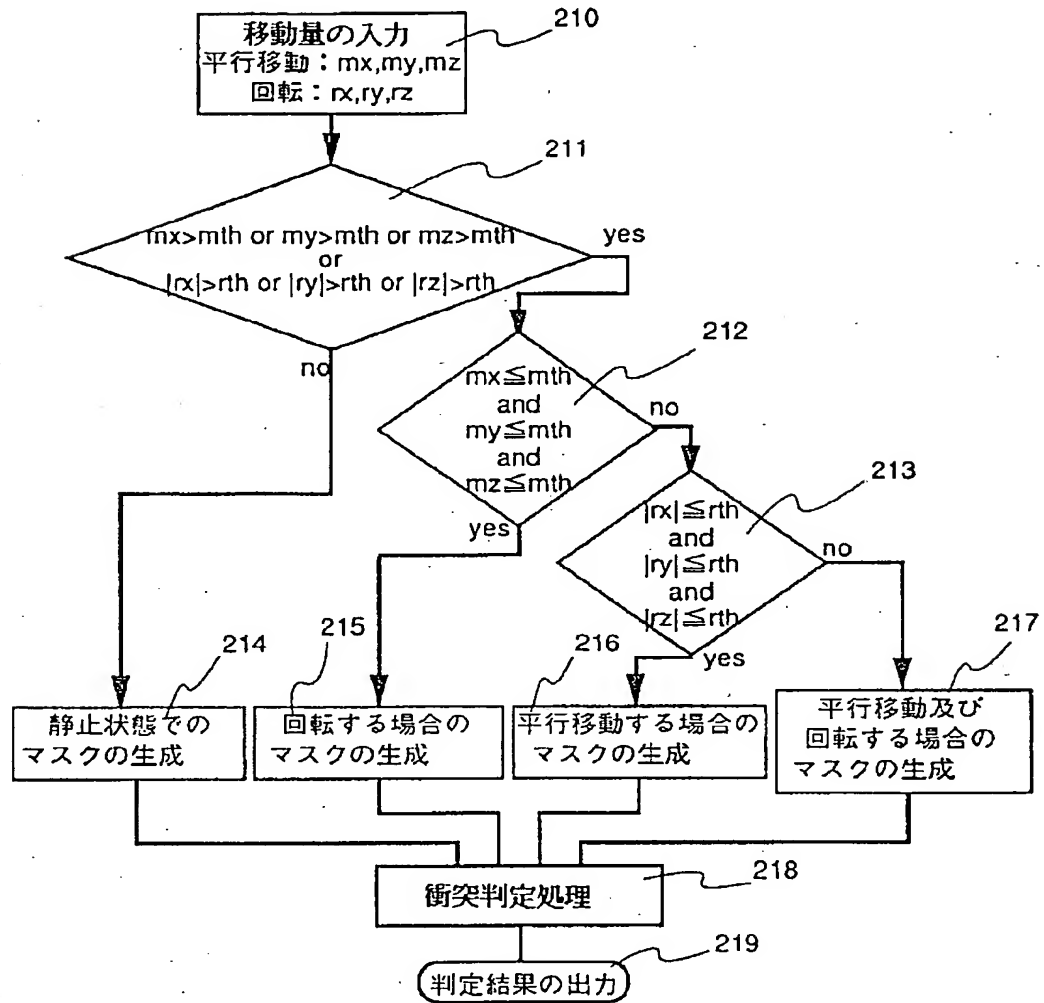
【図40】

衝突領域の表示例(図40)



【図 29】

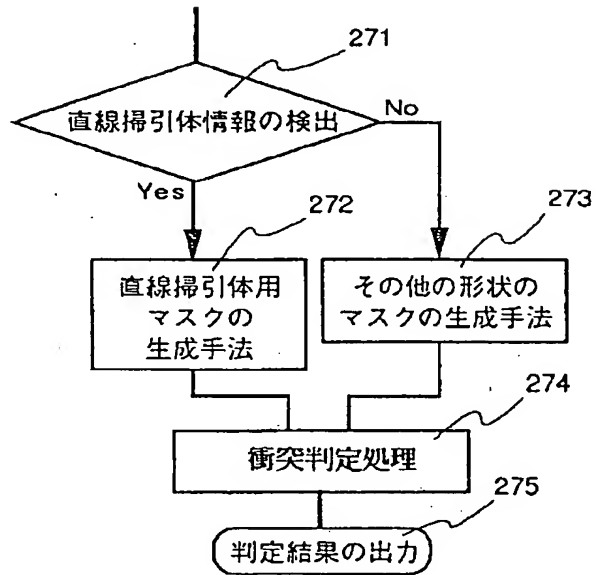
入力情報によるマスク生成方法の切り替えの例 (図29)





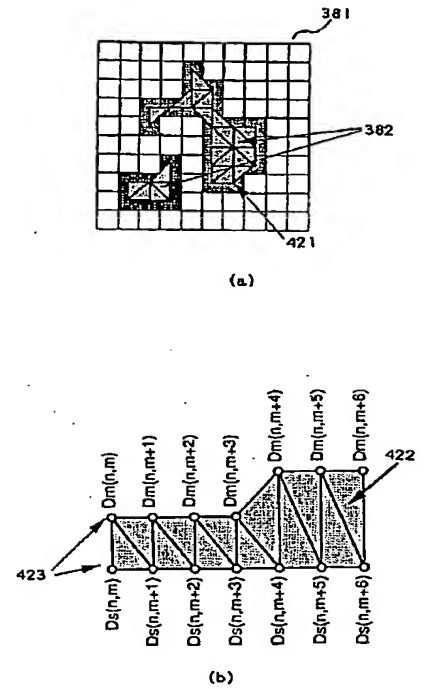
【図 35】

形状によるマスク生成手法の切り替えの例(図35)



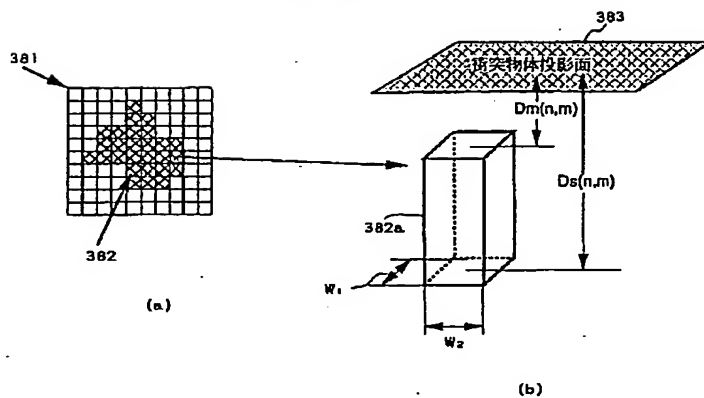
【図 42】

衝突領域の例(図42)



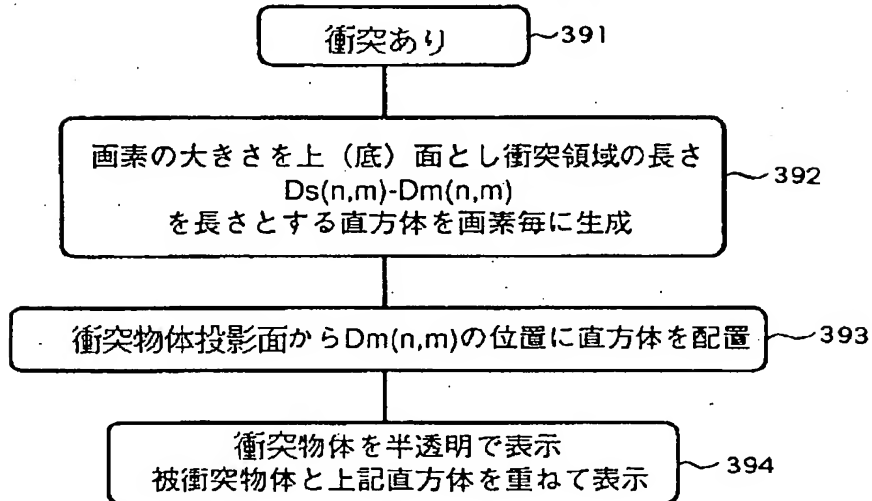
【図 38】

衝突領域の表示例(図38)



【図39】

衝突領域の表示における処理の流れ例(図39)



【図41】

衝突領域の表示における処理の流れの例(図41)

